



TÉCNICO EM **AGRIMENSURA**

Módulo II

Topografia II



INSTITUTO DE ENSINO PROFISSIONALIZANTE E TÉCNICO



Quadra 101, Conjunto 2, Lote 01, Sobreloja
Recanto das Emas, Brasília/DF

61 **3082.1060**

ineprotec.com.br

Topografia II

Ficha Técnica

Tutor Responsável - Antonio de Pádua

Capa / Diagramação - Gabriel Araújo Galvão

Elaboração - Ângelo Martins Fraga

Cesar Rogério Cabral

Markus Hasenack

Rovane Marcos de França

Dalton Luiz Lemos II, Dr.

Índice

Altimetria	05
Equipamentos	08
Nivelamentos	14
Planialtimetria	19
Nivelamentos.....	28
Aplicações	31
Estadimetria	36
Taquiometria	37
Bibliograia	38

1. Altimetria

A altimetria é a parte da topografia que trata dos métodos e instrumentos empregados no estudo e representação do relevo do solo. O estudo do relevo de um terreno consiste na determinação das alturas de seus pontos característicos e definidores da altimetria, relacionados com uma superfície de nível que se toma como elemento de comparação.

1.1 APLICAÇÃO

A determinação da cota/altitude de um ponto é uma atividade fundamental em engenharia. Projetos de redes de esgoto, de estradas, planejamento urbano, entre outros, são exemplos de aplicações que utilizam estas informações. A determinação do valor da cota/altitude está baseada em métodos que permitem obter o desnível entre pontos. Conhecendo-se um valor de referência inicial é possível calcular as demais cotas ou altitudes. Estes métodos são denominados de nivelamento. Existem diferentes métodos que permitem determinar os desníveis, com precisões que variam de alguns centímetros até sub-milímetro. A aplicação de cada um deles dependerá da finalidade do trabalho.

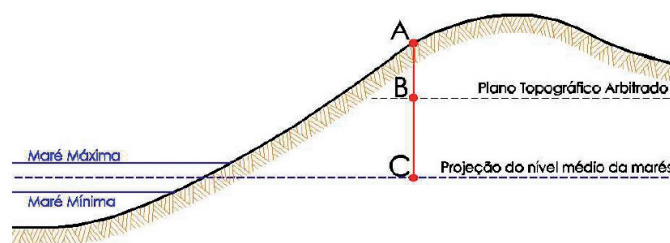
1.2 CONCEITOS

1.2.1 ALTITUDE

É a distância medida na vertical entre um ponto da superfície física da terra e a superfície de referência altimétrica, que no caso das altitudes, é o nível médio dos mares prolongado nos continentes.

1.2.2 COTA

É a distância medida ao longo da vertical de um ponto até um plano de referência qualquer, arbitrado. A diferença entre cota e altitude encontra-se ilustrada na figura.

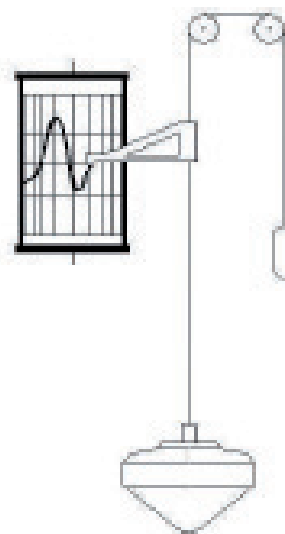


Distância vertical do ponto A ao C = **Altitude**
Distância vertical do ponto A ao B = **Cota**

1.2.3 DATUM

A origem das altitudes é o nível médio dos mares (superfície geoidal), determinado por um equipamento chamado marégrafo (que faz os registros do nível do mar), e materializada em um RN que é denominado de "DATUM VERTICAL".

O "Datum Vertical" Oficial para todo o território brasileiro é um RN materializado no porto de Imbituba/SC, com altitude obtida em função do marégrafo ali instalado. Um esquema simplificado do funcionamento de um marégrafo é apresentado na figura abaixo.



1.2.4. DESNÍVEL

Distância vertical que separa os pontos topográficos considerados, podendo ser positiva ou negativa, conforme os pontos estudados estejam acima ou abaixo daquele tomado com nível de comparação.

1.2.5 REFERÊNCIAS ALTIMÉTRICAS

As referências altimétricas são os pontos que dão origem ao levantamento altimétrico de uma superfície, com suas alturas referidas a uma superfície de nível arbitrária (cotas) ou ao nível médio do mar (altitudes).

1.2.6 REFERÊNCIA DE NÍVEL (RN)

As Referências de Nível (RRNN) são marcas características de metal (latão ou bronze) cravadas em pilares de concreto erguidos nos extremos das seções ou (obras de arte, monumentos, estações ferroviárias ou rodoviárias) pontos notáveis dos percursos de linhas geodésicas. Abaixo é ilustrada a materialização de uma Referência de Nível.



É possível obter as informações sobre a rede altimétrica brasileira através do site do IBGE (www.ibge.gov.br). Para tal, deve-se conhecer o nome da RN e sua posição (latitude e longitude), tendo em vista que as informações foram organizadas com base nas folhas da Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo.

1.2.7 PONTO DE SEGURANÇA (PS)

Pontos materializados em campo para controle do nivelamento topográfico.

1.2.8 PONTO AUXILIAR

São os pontos executados em campo durante o nivelamento topográfico, e que não são materializados.

1.2.9 APOIO GEODÉSICO ALTIMÉTRICO

Conjunto de referências de nível, materializadas no terreno, que proporciona o controle altimétrico dos levantamentos topográficos e o seu referenciamento ao datum (origem) altimétrico do país.

As altitudes no Brasil são determinadas a partir da Rede Altimétrica Brasileira, estabelecida e mantida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Esta é um exemplo de rede vertical, que de acordo com GEMAEL (1987, p.9.1) pode ser definida como um conjunto de pontos materializados no terreno (referências de nível - RN) e identificados por uma coordenada, a altitude, determinada a partir de um ponto origem do datum vertical.



1.2.10 APOIO TOPOGRÁFICO ALTIMÉTRICO

Conjunto de pontos, materializados no terreno, com suas alturas referidas a uma superfície de nível arbitrária (cotas) ou ao nível médio do mar (altitudes), que serve de suporte altimétrico ao levantamento topográfico. Estes pontos são hierarquizados pelo seu erro médio quilométrico da sua determinação, classificando-os como de ordem superior e de ordem inferior.

1.2.11 SEÇÃO DE NIVELAMENTO

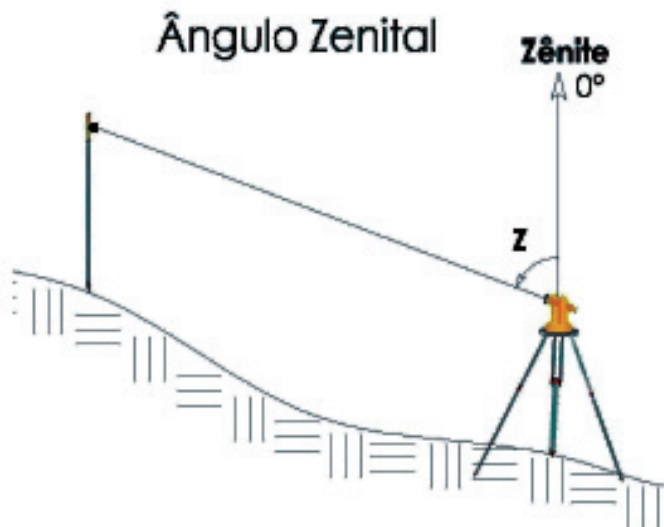
Segmento de linha entre duas referências de nível (RRNN).

1.2 12. ÂNGULO VERTICAL

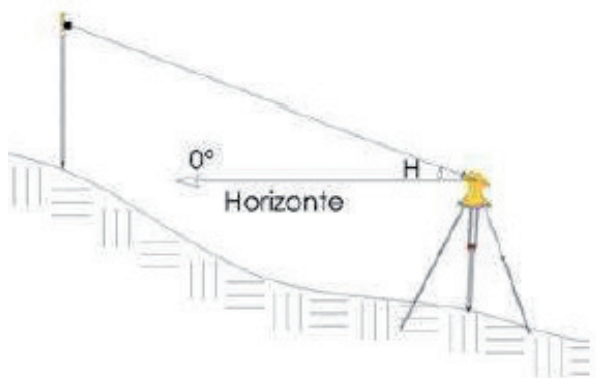
Em um teodolito ou Estação Total, a origem da medida do ÂNGULO VERTICAL (o $0^{\circ}00'00''$ do limbo vertical do equipamento), pode ocorrer nas se-

guintes situações, ilustradas nas figuras logo abaixo:

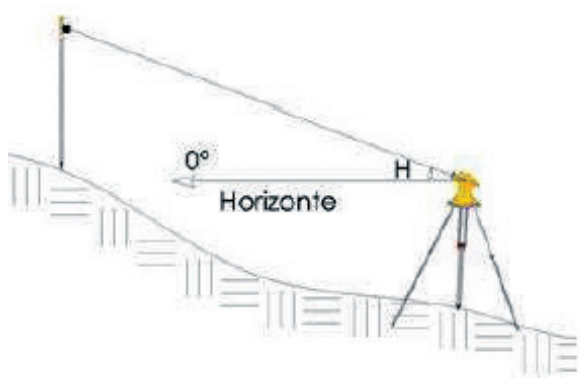
Sendo o zero do limbo na direção da vertical do lugar, do Zênite, este equipamento mede ângulos chamados zenitais, conforme a figura abaixo. Atualmente, este modelo é o mais utilizado pelos fabricantes.



Sendo o zero do limbo na direção do plano **horizontal do lugar**, o equipamento mede ângulos chamados horizontais, conforme figura a seguir.



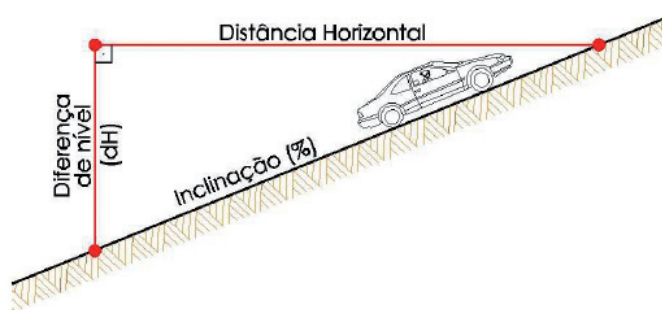
Sendo o zero do limbo na direção do centro da Terra, o Nadir, este equipamento mede ângulos chamados Nadirais. São raros os equipamentos deste tipo, sendo este tipo de ângulo pouco utilizado.



Ressalta-se que no caso das Estações Totais, a origem da medida do ângulo vertical pode ser configurada, tanto no Zênite, quanto no Horizonte.

Em obras de engenharia lineares (estradas, dutos, ferrovias), o projeto em rampas é feito baseado em anotação de **inclinação**, valor este em porcentagem.

Assim, a inclinação é a razão entre a diferença de nível (dH) e a distância horizontal multiplicado por 100, conforme abaixo. A inclinação pode ser tanto positiva (rampa ascendente), quanto negativa (rampa descendente).



$$Inclinação(\%) = \left(\frac{dH}{Dist.Horiz.} \right) \times 100$$

Em equipamentos como estação total e teodolitos eletrônicos, há a opção de se visualizar, ou o ângulo vertical, ou a inclinação da luneta. Nos clinômetros, há também a opção de leitura da inclinação, além do ângulo vertical.

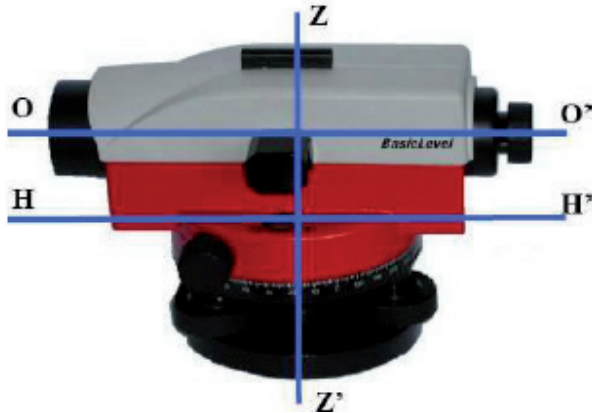
2. Equipamentos

2.1 NÍVEIS



Os níveis são equipamentos que permitem definir com precisão um plano horizontal ortogonal à vertical definida pelo eixo principal do equipamento.

São três os eixos principais de nível, conforme figura abaixo:



ZZ' = eixo principal ou de rotação do nível

OO' = eixo óptico/ linha de visada/ eixo de colimação

HH' = eixo do nível tubular ou tangente central

As principais partes de um nível são (apontados na figura a seguir):

- Luneta;
- nível de bolha;
- sistemas de compensação (para equipamentos automáticos);
- dispositivos de calagem.



Partes de um Nível óptico automático (Berger, modelo CST)

Quanto ao funcionamento, os equipamentos podem ser classificados em **ópticos, digitais e a laser**. Nos digitais, a leitura na mira é efetuada automaticamente

empregando miras em código de barra. Nos níveis lasers, o equipamento lança um feixe de raios laser no plano horizontal, invisível ou visível, e em 360°. Este feixe pode ser captado por um sensor acoplado, ou a uma mira, ou a alguma máquina de terraplenagem. Se visível, o feixe pode ser visto diretamente sobre a mira.



Nível Digital – Leica, Modelo: DNA03

Os níveis ópticos podem ser classificados em mecânicos e automáticos. No primeiro caso, o nivelamento “fino ou calagem” do equipamento é realizado com o auxílio de níveis de bolha bipartida. Nos modelos automáticos a linha de visada é nivelada automaticamente, dentro de um certo limite, utilizando-se um sistema compensador (pendular). Os níveis digitais podem ser enquadrados nesta última categoria.

2.1.1 CLASSES DE NÍVEIS E SEUS EMPREGOS:

a) Níveis de precisão baixa: ($> \pm 10$ mm/km) Emprego: construção civil, nivelamento em linhas de curta distância, perfis longitudinais e transversais (seções), nivelamento de áreas.

b) Níveis de precisão média: ($\leq \pm 10$ mm/km) Emprego: Construção civil, nivelamento de linhas; perfis longitudinais e seções transversais; nivelamento de áreas.



Nível a Laser– Leica, Modelo: DNA03

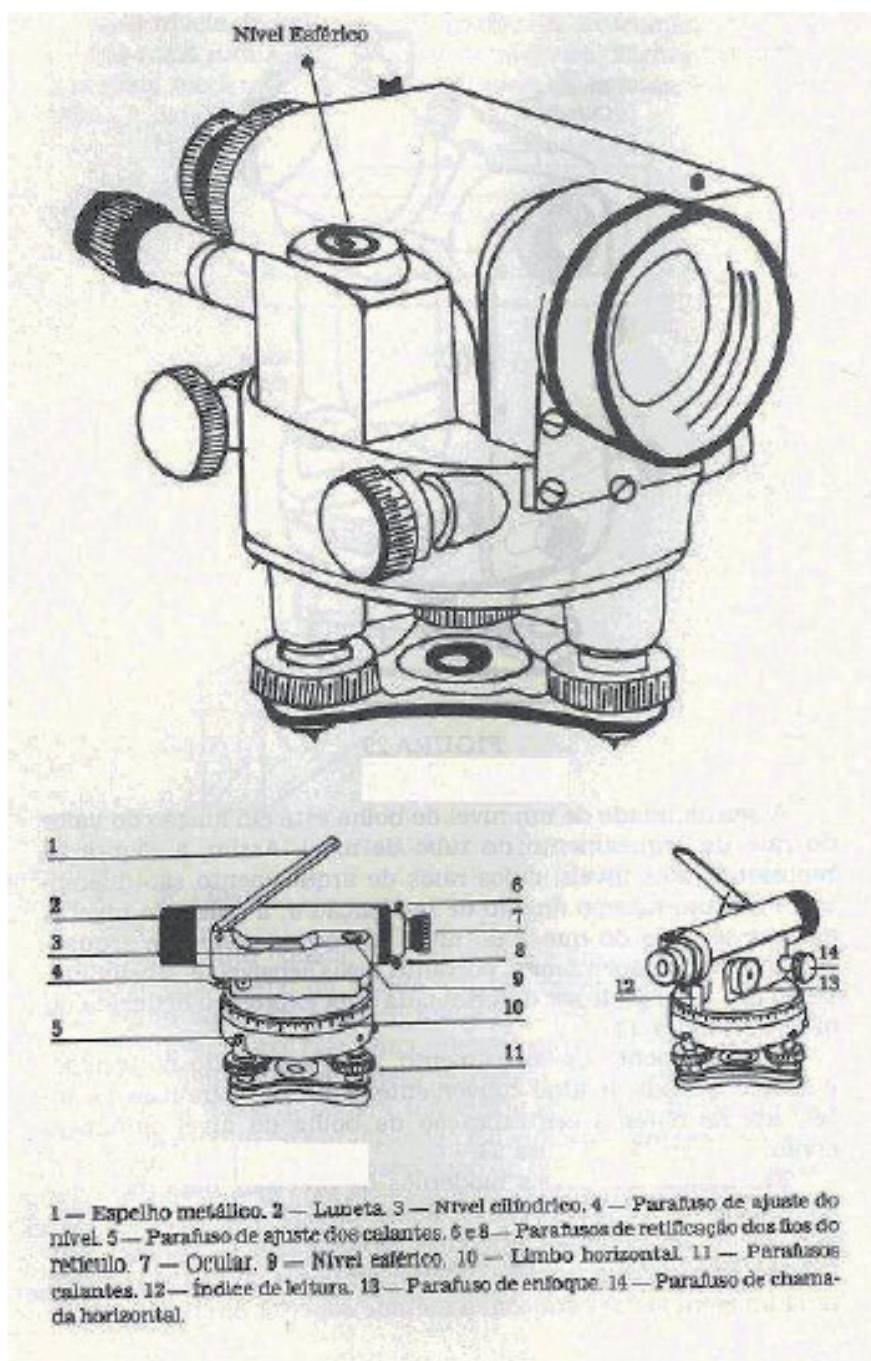
c) Níveis de precisão alta: ($\leq \pm 3$ mm/km) Emprego: nível de engenheiro; construção civil; grandes obras; nivelamento de linhas de 3ª ordem; perfis longitudinais e seções transversais; nivelamento de áreas.

d) Níveis de precisão muito alta: ($\leq \pm 1$ mm/km) Emprego: nivelamento de precisão, nivelamentos de 1ª e 2ª ordens; medições de controle vertical; construção civil e mecânica de precisão.

e) Níveis de precisão altíssima: ($\leq \pm 0,5$ mm/km) com emprego de placa plano-paralela e miras de ínvar (não cogitado pela NBR 13.133) Emprego: nivelamento de precisão, nivelamentos de 1ª e 2ª ordens, controle vertical na construção civil e na mecânica de precisão, controle do movimento vertical da crosta terrestre.

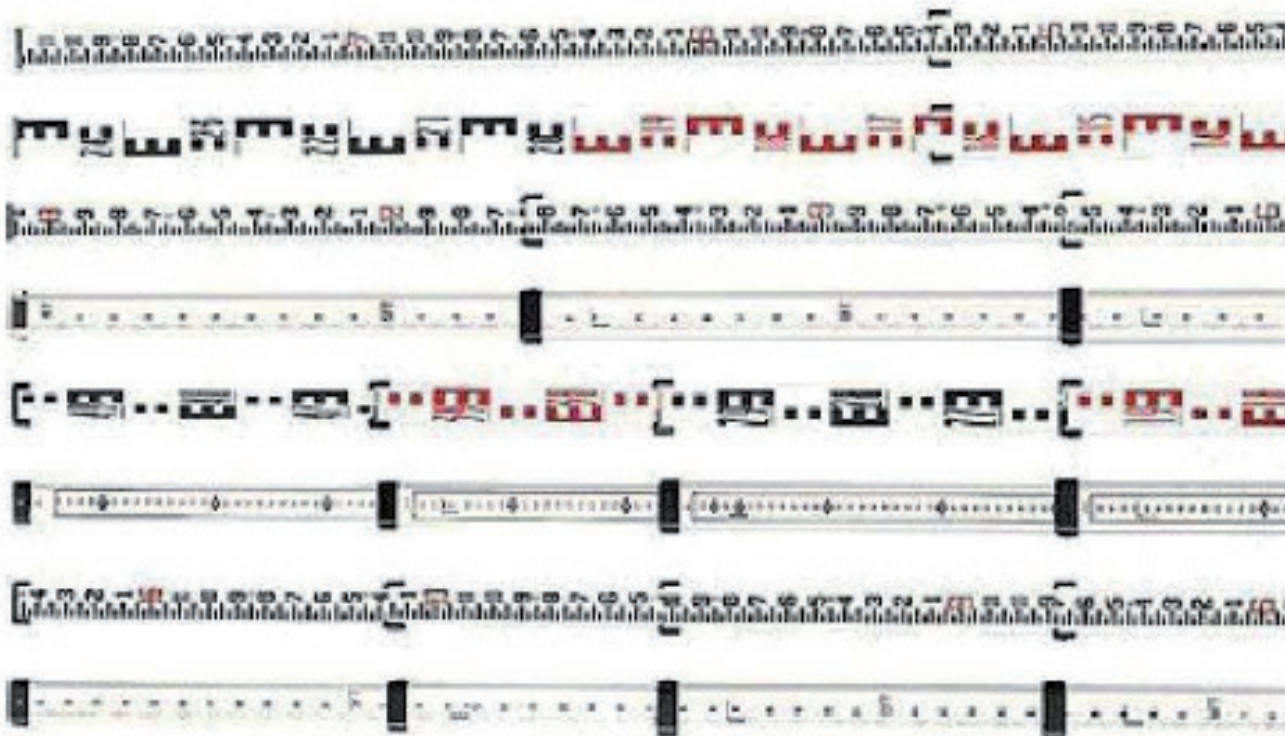
2.2 NÍVEL ÓTICO

2.2.1 PARTES DO EQUIPAMENTO:



2.3 ACESSÓRIOS

2.3.1 MIRA:



São réguas graduadas que servem para taqueometria e nivelamento geométrico. Existem no mercado diversos modelos de miras, conforme pode ser visualizado na figura anterior. Quanto ao material, as miras podem ser de madeira, fibra de vidro, alumínio e invar.

Mira de madeira: são fabricadas com madeira seca e de pouca dilatação linear. A graduação pode ser pintada diretamente na madeira ou através de adesivos especiais.

Mira de fibra de vidro: Estas miras não são fabricadas no Brasil, sendo importadas do Japão, e possuem pouca dilatação linear. A gravação é feita diretamente sobre a mira, que é revestida por uma camada de PVC.

Mira de alumínio: São fabricadas em alumínio, o qual possui um grande coeficiente de dilatação linear, que pode ser corrigido através de uma tabela de temperatura gravada na própria mira.

Mira de Invar: O invar é uma liga de aço e níquel numa proporção de 65% de aço e 35% de níquel. É o material com o menor coeficiente de dilatação linear conhecido. As miras de invar são utilizadas apenas em nivelamento geométrico de primeira ordem.

Quanto ao comprimento, as miras podem ser de 2 ou 4 m. Podem ser ainda de imagem inversa ou imagem direta, em função da imagem do equipamento a ser utilizado.

Quanto ao modo de articulação, a mira pode ser de encaixe (telescópica) ou mira de dobradiça. As miras de encaixe são mais leves e de fácil transporte. A mira de dobradiça resiste a trabalhos mais intensos e têm a graduação do mesmo tamanho em toda a sua extensão, facilitando a leitura.

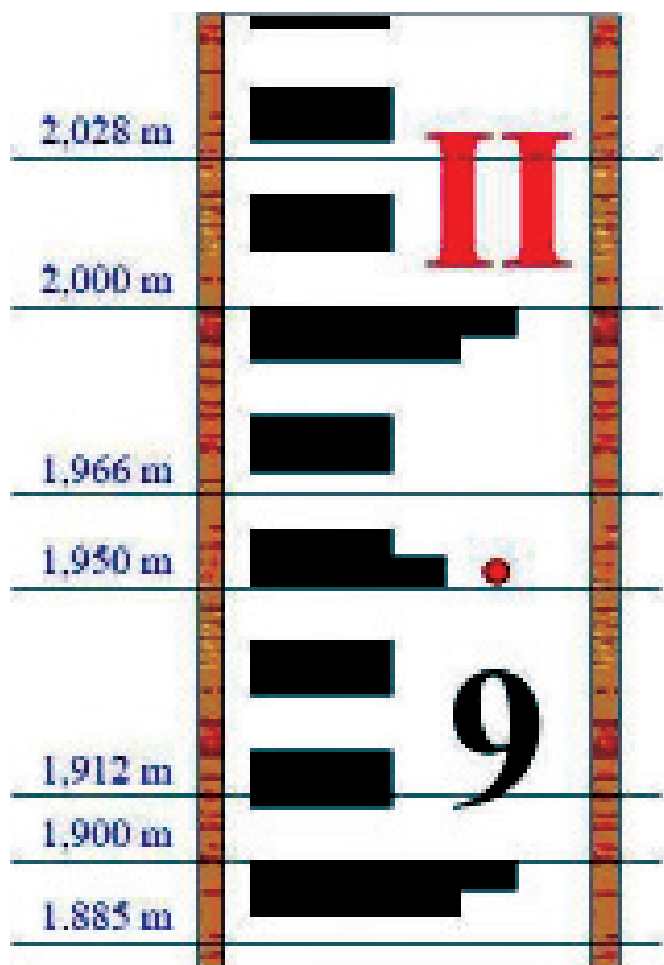


Mira de código de barras, para níveis digitais

2.3.2 LEITURA DE MIRA

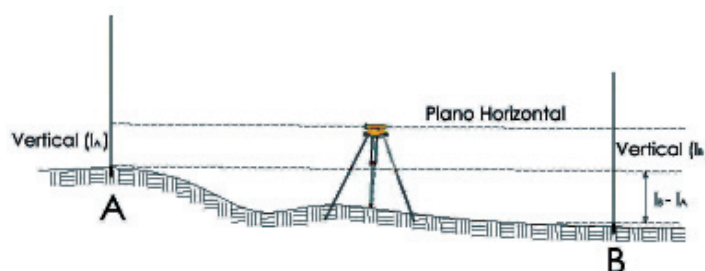
Durante a leitura em uma mira convencional devem ser lidos quatro algarismos, que corresponderão aos valores do metro, decímetro, centímetro e milímetro, sendo que este último é obtido por uma estimativa e os demais por leitura direta dos valores indicados na mira.

Ao lado, são apresentados alguns exemplos de leituras para um modelo de mira bastante empregado nos trabalhos de Topografia. A mira apresentada está graduada em centímetros (traços claros e escuros).



A leitura do valor do metro é obtida através dos algarismos em romano (I, II, III) e/ou da observação do símbolo acima dos números que indicam o decímetro. A convenção utilizada para estes símbo-

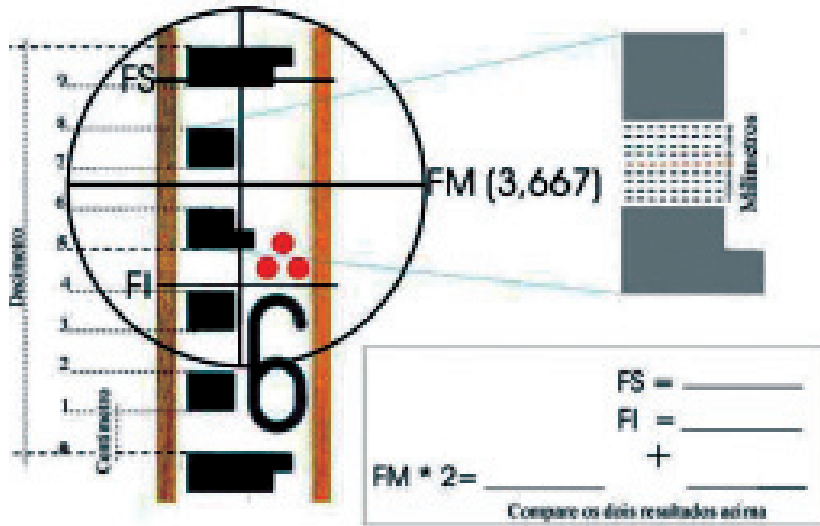
los, no caso da mira em exemplo, é apresentada na figura abaixo.



A leitura do decímetro é realizada através dos algarismos arábicos (1,2,3, etc.). A leitura do centímetro é obtida através da graduação existente na mira. Traços escuros correspondem a um valor de centímetro ímpar, e claros a um valor par. Finalmente a leitura do milímetro é estimada visualmente.

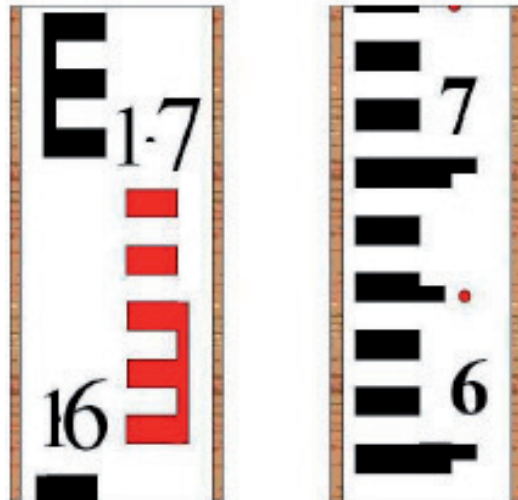
Exercícios

1) Faça as leituras de mira dos fios superior e inferior na figura abaixo. Compare a soma das duas com o dobro da leitura do fio médio.



2) Indicar nas miras ao lado, as seguintes leituras:

1,615m 1,705m 1,658m 1,600m
 1,725m 1,605m 1,713m 1,595m
 1,698m 1,635m 1,685m



Obs: a mira da esquerda é chamada de mira em E, em função do tipo de marcação utilizada.

2.3.3 OUTROS ACESSÓRIOS:

Tripé: que será utilizado para a sustentação do nível,

Prumo esférico de cantoneira: conforme foto ao lado, é utilizado para a verticalização da mira, com uma precisão melhor que 1° .

Algumas miras já vêm com encaixes próprios para prumos esféricos de encaixe.



Níveis esféricos de cantoneira

Sapatos de nivelamento: que devem ser utilizadas como suporte à mira, sempre que se executa transporte de altitude ou cota, devendo ter peso adequado à sua finalidade.



Sapata de nivelamento.

3. Nivelamentos

“Levantamento que objetiva, exclusivamente, a determinação das alturas relativas a uma superfície de referência, dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhes, pressupondo-se o conhecimento de suas posições planimétricas, visando à representação altimétrica da superfície levantada.” (NBR 13.133)

O nivelamento pode ser realizado através de vários processos, dependendo da área (m^2) envolvida e da finalidade/uso que se deseja para estas informações:

- **Grandes áreas:** Em grandes áreas o nivelamento auxilia na elaboração de cartas, com curvas de nível (representações dos pontos de mesma altitude através de linhas). Tal processo realiza-se usualmente por fotogrametria, pois é mais viável economicamente e tal trabalho requer apenas uma precisão métrica ou sub-métrica.

- **Áreas de médio porte:** Nestas áreas as curvas de nível e as altitudes dos pontos são obtidas utilizando-se a Estação Total. Este método é chamado Nivelamento Trigonométrico, pois as leituras realizadas são de ângulos e distâncias. A precisão deste método é de centímetros.

- **Locação de vias de transportes:** Para a determinação da locação de ruas e estradas, convém utilizar o Nivelamento Geométrico (leituras de ré e vante). A precisão deste método é de milímetros, o que é importante para evitar desníveis inconvenientes nas vias de circulação.

- **Locação de obras:** Nas locações de pequenas obras civis (casas, pequenos edifícios), usualmente o nivelamento é feito com a mangueira d'água. Porém, a tecnologia dos níveis a laser veio suprir a necessidade de maior precisão nestas locações. Para a locação de pisos industriais, onde o controle altimétrico deve ser extremamente rigoroso, é utilizado o nivelamento geométrico com níveis óticos automáticos ou níveis digitais.

- **Controle de Obras:** O controle de obras (edifícios, rodovias, ferrovias, barragens, etc.) é feito com um Nível Ótico Automático ou Nível Digital, onde pode-se ler variações nos milímetros.

Para cada finalidade desejada no nivelamento, é conveniente um método diferente nas medições. Abaixo estão descritas algumas características de tais métodos:

- **Método Barométrico** (barômetro)

- Realizado com a utilização de barômetros de cuba ou metálicos que indicam a pressão atmosférica nos pontos a serem levantados.

- Através da diferença entre os valores de pressão medidos entre pontos distintos, é determinada a diferença de nível.

- Precisão métrica.

ATENÇÃO: Pela influência de outros fatores exógenos ao parâmetro “Diferença de nível” interferirem na pressão atmosférica (temperatura, umidade, densidade), a utilização do nivelamento barométrico deve se limitar a

levantamentos expeditos. Para a obtenção de resultados mais precisos, exigidos pelas normas topográficas, este método de obtenção de altitudes não deve ser utilizado.

• **Método Fotogramétrico (fotografias aéreas):**

- Utilizado para determinação de curvas de nível em grandes áreas.

- Utiliza fotografias aéreas.

- Precisão métrica ou sub-métrica.

• **Método Trigonométrico (Estação Total, Teodolitos):**

- Utilizado no levantamento de curvas de nível, perfis de terrenos (que servirão para o cálculo dos volumes de corte e aterro) e determinação de cotas de novos pontos a partir de um ponto de cota conhecida.

- Utiliza as Estações Totais, que efetuam leitura de ângulos (horizontais e verticais) e distâncias (inclina-das). Após a coleta destes dados, se aplicam relações trigonométricas (senos e cossenos) e conseqüentemente calcula-se a distância vertical e horizontal entre 2 pontos. Pode-se utilizar ainda, teodolitos, sendo que neste caso deve-se obter as distâncias com medidas a trena.

- Precisão de centímetros.

• **Método Geométrico (Nível ótico automático, Nível Digital, Nível Laser):**

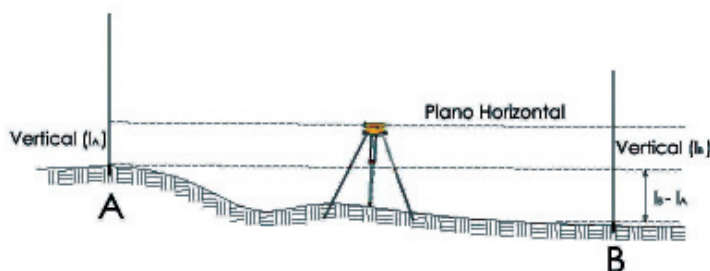
- Utilizado para determinação das diferenças de cotas dos pontos de um terreno, nivelamento de poligonais, transporte de cotas e altitudes, etc.

- Utiliza as leituras de ré e vante de um Nível Ótico Automático, Nível Digital ou Nível a Laser;

- Precisão milimétrica.

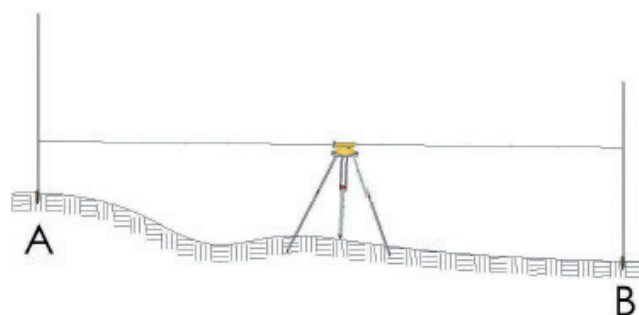
3.1 NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

O Nivelamento Geométrico (ou Nivelamento Direto) é aquele que realiza a medida da diferença de nível entre pontos do terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos.



3.1.1 NIVELAMENTO GEOMÉTRICO SIMPLES

Através de uma única estação do instrumento, se determina as diferenças de nível dos pontos a nivelar. Se o instrumento ficar eqüidistante dos extremos, então evitará os erros de curvatura terrestre e refração atmosférica pelo fato da anulação. A distância máxima preconizada pelas normas técnicas é de 80m, sendo ideal a distância de 60m para cada lado.



3.1.2 NIVELAMENTO GEOMÉTRICO COMPOSTO

Devido aos desníveis acentuados e extensão dos pontos a nivelar, se torna necessário estacionar o aparelho em mais de uma posição, para se nivelar o local em estudo. Então se decompõe o trecho a nivelar em trechos menores e realiza-se uma sucessão de nivelamento geométrico simples.



Observações gerais (NBR 13.133/1994):

As referências de nível (RRNN), espaçadas de acordo com o terreno, área a ser levantada e condições peculiares da finalidade do levantamento, devem ser implantadas por meio de nivelamento geométrico duplo - nivelamento e contranivelamento - em horários distintos, em princípio, a partir de referências de nível do SGB. São recomendados cuidados usuais, a fim de serem evitadas a ocorrência e a propagação de erros sistemáticos, muito comuns nas operações de nivelamento geométrico, devendo para tanto ser consultados os manuais dos fabricantes dos níveis.

Os comprimentos das visadas de ré e de vante devem ser aproximadamente iguais e de, no máximo, 80 m, sendo ideal o comprimento de 60 m, de modo a compensar os efeitos da curvatura terrestre e da refração atmosférica, além de melhorar a exatidão do levantamento por facilitar a leitura da mira.

Para evitar os efeitos do fenômeno de reverberação, as visadas devem situar-se acima de 50 cm do solo.

As miras devem ser posicionadas aos pares, com alternância a vante e a ré, de modo que a mira posicionada no ponto de partida (lida a ré) seja posicionada, em seguida, no ponto de chegada (lida a vante), sendo conveniente que o número de lances seja par.

As miras, devidamente verticalizadas, devem ser apoiadas sobre chapas ou pinos e, no caminhar, sobre sapatas, mas nunca diretamente sobre o solo.

A qualidade dos trabalhos deve ser controlada através das diferenças entre o nivelamento e o contranivelamento, seção a seção, e acumulada na linha, observando-se os seguintes valores limites:

a) **Classe IN** - Nivelamento geométrico para implantação de referências de nível (RN) de apoio altimétrico.

Tolerância de Fechamento: 12mm

Onde k , é a extensão nivelada em km, medida num único sentido.

b) **Classe IIN** - Nivelamento geométrico para determinação de altitudes ou cotas em pontos de segurança (PS) e vértices de poligonais para levantamentos topográficos destinados a projetos básicos, executivos, como executado, e obras de engenharia.

Tolerância de Fechamento: 20mm

c) **Classe IIIN** - Nivelamento trigonométrico para a determinação de altitudes ou cotas em poligonais de levantamento, levantamento de perfis para estudos preliminares e/ou de viabilidade de projetos.

Tolerância de Fechamento: 0,15 a 0,20 m

O valor da constante pode variar. Se for uma linha seção de nivelamento, principal, utiliza-se 0,15m, ou for uma linha secundária, utiliza-se.

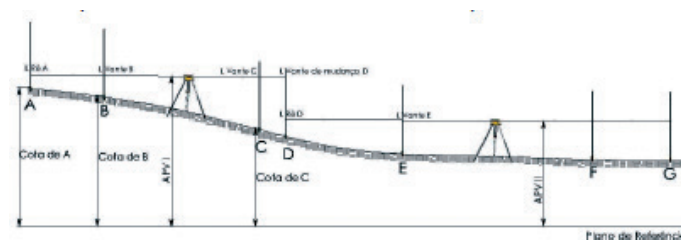
d) **Classe IVN** - Nivelamento taqueométrico destinado a levantamento de perfis para estudos expeditos.

Tolerância de Fechamento: 0,30 a 0,40 m

Os resultados dos cálculos devem ser registrados até milímetros, centímetros e décimos, respectivamente, para as altitudes ou cotas obtidas por nivelamento geométrico,

nivelamento trigonométrico e nivelamento estadimétrico. As referências de nível do apoio topográfico devem ter as suas altitudes ou cotas assinaladas até o milímetro, se estas foram obtidas por nivelamento e contranivelamento geométrico, e até o centímetro, se por nivelamento trigonométrico.

Tipos de Leituras e cálculos no nivelamento Geométrico Composto:



Para se calcular as cotas ou altitudes dos pontos a nivelar é necessário conhecer-se a cota ou altitude do ponto inicial (por exemplo, ponto A). Então a cota de A será conhecida ou arbitrada e o ponto A passa a chamar-se de RN, ou seja, Referência de Nível.

$$A = RN$$

Precisa-se agora determinar o APV, altura do plano de visada (também chamada de Altura do Instrumento - AI), que seria a cota ou altitude do plano criado pelo instrumento.

$$APV = CRN + \text{Leitura de Ré RN} \rightarrow APV = CA + \text{Leitura de Ré A}$$

Leitura de Ré – é uma leitura feita a um ponto cuja cota ou altitude é conhecida. No caso, já conhecemos a cota de A. **A leitura de ré serve somente para o cálculo do APV.** Para calcular a cota dos demais pontos usamos a seguinte fórmula:

$$\text{Cota B} = APV I - \text{Leitura de Vante B} \rightarrow CB = APV I - VB$$

Leitura de Vante – é uma leitura a um ponto de cota ou altitude desconhecida. **A leitura de vante serve para o cálculo da cota do ponto.**

$$\text{Cota C} = APV I - VC; \text{Cota D} = APV I - VD$$

Da estação I somente foi possível ler-se até o ponto D. É necessário mudar a estação para a posição II. Uma vez instalado o aparelho na estação II, então a primeira atitude que se toma é determinar a nova altura do plano de visada, APV II, fazendo-se uma visada de ré no ponto D.

$$APV II = CD + \text{Ré D}$$

Leitura Vante de Mudança – é uma leitura feita a um ponto que de uma estação é leitura de Vante e da estação seguinte será feita uma leitura de Ré neste mesmo ponto, exemplo: ponto “D”.

$$CE = APV II - VE$$

$$CF = APV II - VF$$

$$CG = APV II - VG$$

Exercícios

Com base nos dados da planilha abaixo, calcule as cotas dos pontos 2 ao 15.

		CEFETSC - CENTRO FED. DE EDUC. TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA NÚCLEO DE TOPOGRAFIA LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA				
		NIVELAMENTO GEOMÉTRICO				
SERVIÇO:		Exercício - Nivelamento Geométrico			DATA: 15 / fev. / 08	
PROPRIETÁRIO:		CEFET			CIDADE: Florianópolis/SC	
LOCAL:		Av. Mauro Ramos, 950 - Centro				
OPERADOR:		FOLHA: única				
EST.	PTO	LEITURA		AI	COTA	OBS.
		RÉ	VANTE			
A	1	3,456			100,000	
	2		1,354			
	3		0,865			
	4		1,476			
	5		2,045			
	6		1,648			
B	6	2,343				
	7		2,876			
	8		3,126			
	9		1,469			
	10		3,023			
	11		2,348			
C	11	1,058				
	12		1,568			
	13		2,444			
	14		1,770			
	15		3,421			

3.2 ERROS NAS LEITURAS DE MIRA

3.2.1 ERRO DE MÁ FOCALIZAÇÃO DO INSTRUMENTO

A má focalização do instrumento, isto é, a falta de coincidência dos planos de imagem e dos fios estadimétricos é a mais temível fonte de erros na medida indireta de distâncias. A focalização dos instrumentos abrange:

Focalização do retículo: Girando o anel da ocular, consegue-se que a imagem do retículo se apresente na distância mínima da visão distinta, que varia de operador para operador. Quando os retículos (fios estadimétricos) estão bem focalizados, eles se apresentam nítidos e escuros.

Focalização da objetiva: Visando um objeto afastado e agindo no parafuso de focalização, desloca-se o conjunto ocular até que a imagem do sinal apareça bem nítida, no plano dos retículos. Reconhece-se que a focalização está bem feita quando não há paralaxe, isto é, quando deslocando-se a vista em frente à ocular, as imagens do retículo e dos objetos permanecem na mesma posição relativa.

A focalização simultânea dos fios estadimétricos é impossível de ser realizada exatamente. Em todo o caso, quando a focalização do fio médio é cuidadosamente realizada, os resíduos de paralaxe, os fios superior e inferior não exercem influências sensíveis nas leituras da mira.

3.2.2 ERRO DA REFRAÇÃO E REVERBERAÇÃO

Em torno do meio-dia, a reverberação do ar dificulta ou mesmo impossibilita a leitura da mira. Sempre que possível deve-se evitar medir distâncias com mira vertical entre 10 e 14 horas. Os dias nublados são os melhores para o trabalho com mira.

Nas visadas rasantes, as anomalias de refração acarretam desvios para os raios luminosos correspondentes aos fios estadimétricos, resultando pequenos erros na leitura da mira.

Sempre que possível, as distâncias devem ser medidas com o fio inferior a um metro do solo, isto é, com o fio inferior na graduação 1,000. A NBR 13.133 preconiza uma leitura mínima de 0,500.

Quando a mira é observada com a face contra o sol, aparecem, às vezes, discrepâncias nas leituras.

Influi também na precisão das leituras, o estado de pintura da mira. Em função do uso, a pintura vai desaparecendo, dificultando as leituras.

3.2.3 ERRO DA GRADUAÇÃO DA MIRA

Ao vender a mira, os fabricantes asseguram grande precisão na graduação. Os erros de graduação de reflexos diretos na precisão da leitura da mira e são erros sistemáticos uma vez que sempre atuam no mesmo sentido.

Na seleção de miras, podemos rejeitar aquelas que apresentarem erros superiores a 0,3mm.

Para um bom trabalho deve-se efetuar um exame criterioso, antes do início dos trabalhos, na graduação das miras. Não é aconselhável a utilização de miras repintadas.

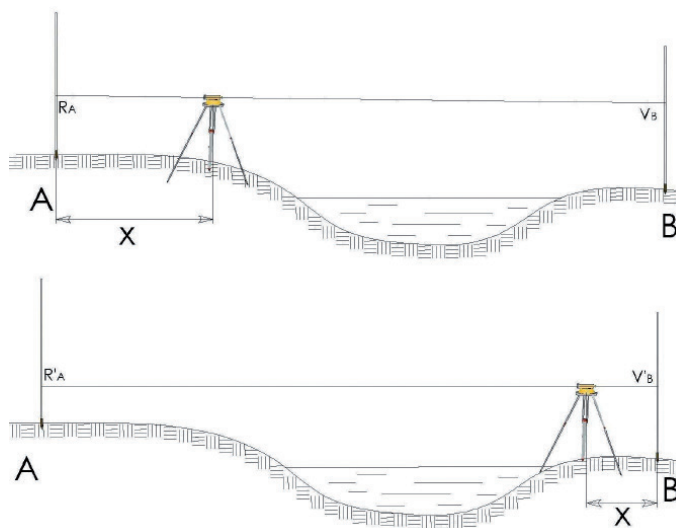
3.2.4 ERRO DE INCLINAÇÃO DA MIRA

Quando a inclinação da mira é no plano perpendicular a linha de visada do operador, ele pode observá-la e corrigi-la. Porém, quando a mira está inclinada no sentido da linha de visada, o operador não percebe esta inclinação, ocasionando uma leitura equivocada.

Um auxiliar experiente, poderá, sem auxílio de um nível esférico, verticalizar a mira dentro de mais ou menos 2°. Com a utilização do nível esférico, pode-se verticalizar a mira com erro inferior a 1°.

3.2.5 SITUAÇÕES COM IMPOSSIBILIDADES DE VISADAS EQUIDISTANTES

Se no terreno é impossível colocar o aparelho equidistante dos pontos a serem nivelados, usa-se então o método das visadas recíprocas, para eliminar os erros de esfericidade, de refração e de inclinação.



Procedimentos de campo:

- posiciona o aparelho a uma distância (x) bastante próxima da mira de ré e faz-se as leituras RA e VB ;
- a seguir, posiciona o aparelho a uma distância (x) da mira de vante e faz-se as leituras R'A e V'B ;
- a diferença de nível será dada pela média das diferenças de nível das duas

$$\Delta H_{AB} = \frac{(R_A - V_B) + (R'_A - V'_B)}{2}$$

4. Planialtimetria

4.1 TOPOLOGIA

Tem por objetivo o estudo das formas da superfície terrestre e das leis que regem o seu modelado.

4.1.1 CURVAS DE NÍVEL

4.1.1.1 Conceito

São linhas que ligam pontos, na superfície do terreno, que têm a mesma cota (mesma altitude). É uma forma de representação gráfica de extrema importância. A **planimetria** possui uma forma de representação gráfica perfeita de uma área, que é a planta (projeção horizontal). A **altimetria**, representada graficamente através de curvas de nível, proporciona uma visão geral ou panorâmica do relevo contido no interior da área, o que permite ao usuário experimentar uma visão imaginativa geral da sinuosidade do terreno. Qualquer técnico experiente, observando uma planta com curvas de nível, é capaz de visualizar vales, grotas, espigões, divisores de água pluviais, terrenos mais íngremes ou menos inclinados, terrenos mais sinuosos (acidentados) e menos irregulares, elevações, etc., por um simples e cuidadoso exame. Desta forma o técnico pode imaginar projetos conscientes e adaptados ao terreno em que serão implantados.

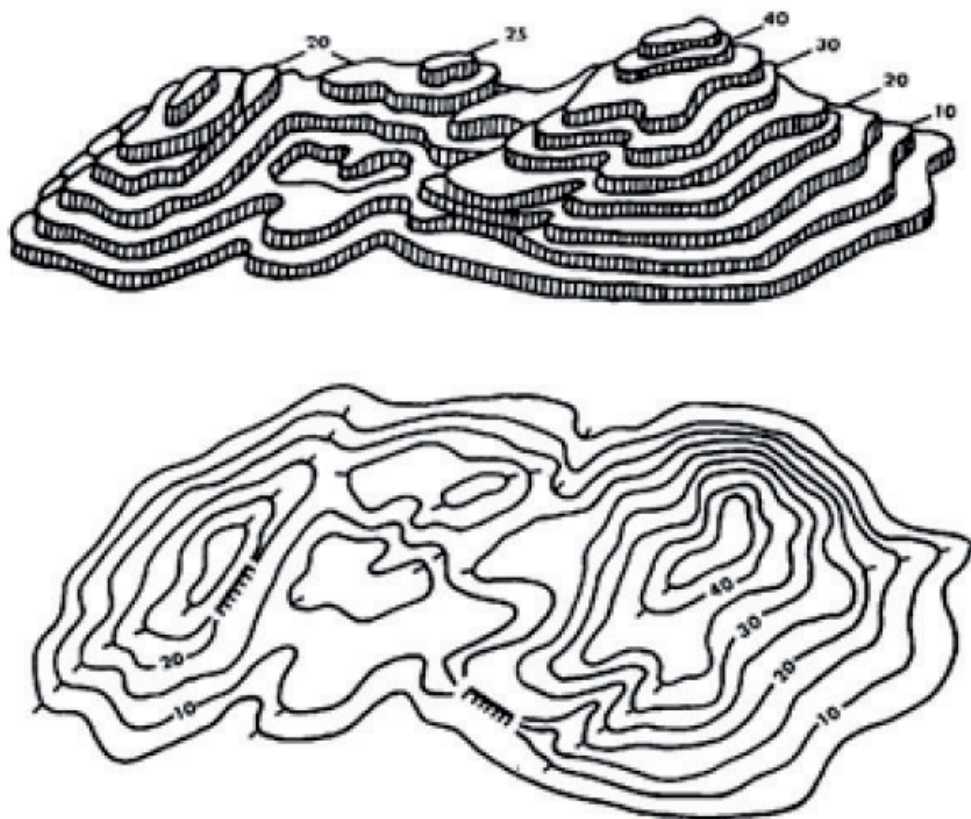


FIGURA 1: Exemplo de relevo representado através de vista panorâmica e em planta através de curvas de nível.

Os planos horizontais de interseção que contêm as curvas de nível são sempre paralelos e equidistantes e a equidistância entre um plano e outro chama-se equidistância vertical.

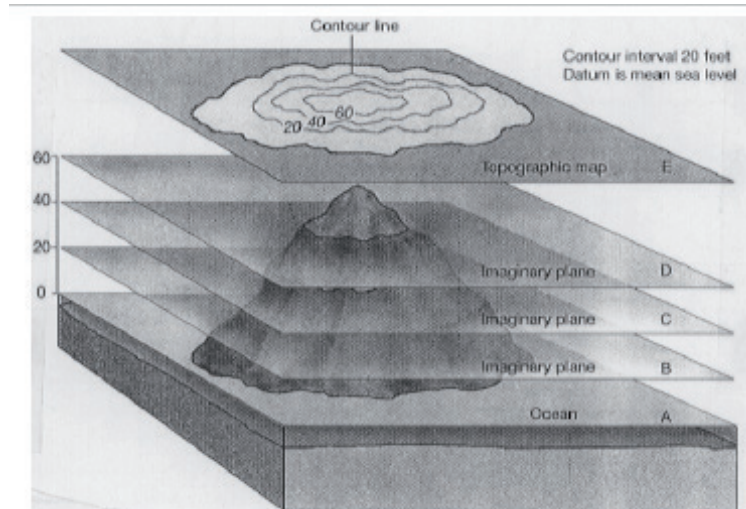


FIGURA 2: Planos horizontais de interseção e equidistância vertical

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

4.1.1.2 Propriedades

As curvas de nível apresentam as seguintes propriedades:

a- curvas de nível muito afastadas apresentam terreno plano;

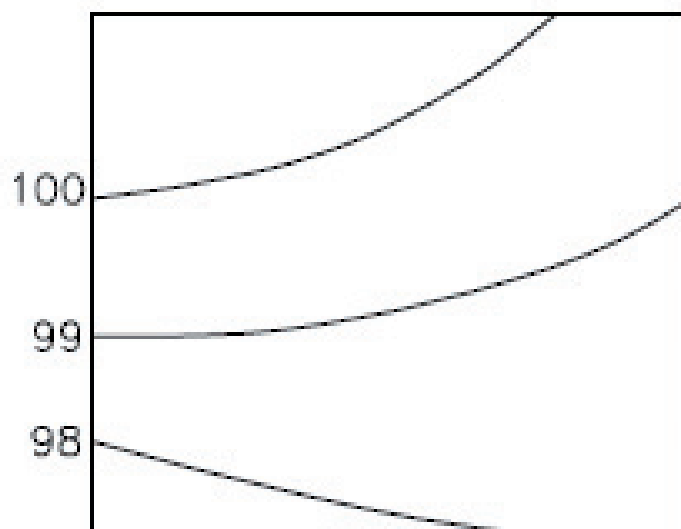


FIGURA 3: Curvas de nível de terreno plano.

b- curvas de nível muito próximas apresentam relevo acidentado;

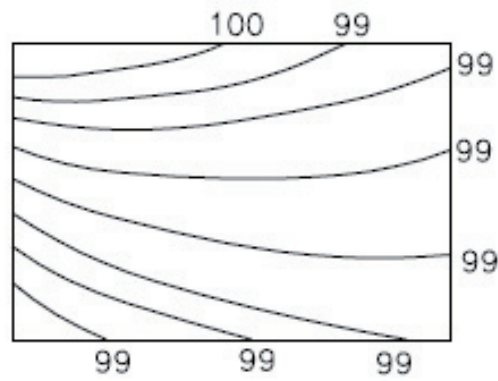


FIGURA 4: Curvas de nível de relevo acidentado.

c- duas curvas de nível jamais devem se cruzar

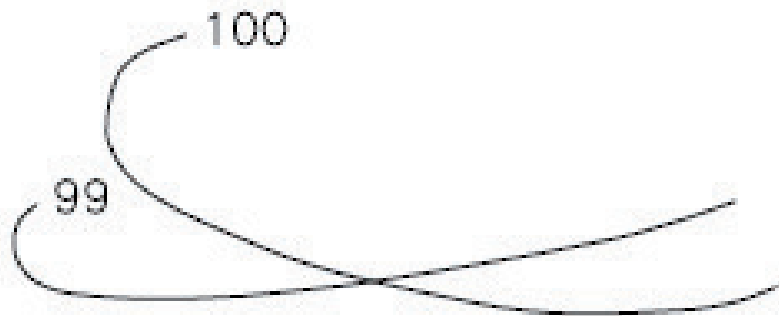


FIGURA 5: Curvas de nível jamais devem se cruzar

d- duas ou mais curvas de nível não podem convergir para formar uma curva única



FIGURA 6: Curvas de nível não podem convergir para formar uma curva única

4.1.1.3 Interpolação numérica

O método consiste em determinar os pontos de cota inteira e múltiplos da equidistância vertical por semelhança de triângulos:

$$d_i = \frac{d_{AB'}}{\Delta h_{AB}} \times \Delta h_i$$

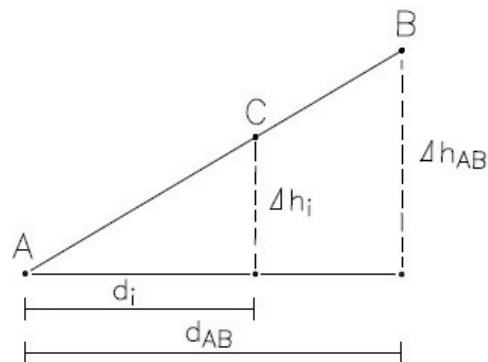


FIGURA 7: Semelhança de triângulo

Exemplo 1:

Calcular as distâncias a partir do ponto A das cotas inteiras conforme croqui:

$$d_i = \frac{d_{AB'}}{\Delta h_{AB}} \times \Delta h_i$$

$$d_2 = \frac{27,0}{3,2} \times 0,3 = 2,5m$$

$$d_3 = \frac{27,0}{3,2} \times 1,3 = 11,5m$$

$$d_4 = \frac{27,0}{3,2} \times 2,3 = 19,4m$$

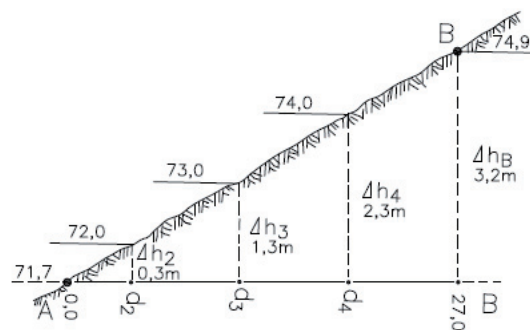


FIGURA 8: Interpolação numérica

4.1.1.4 Desenho em CAD

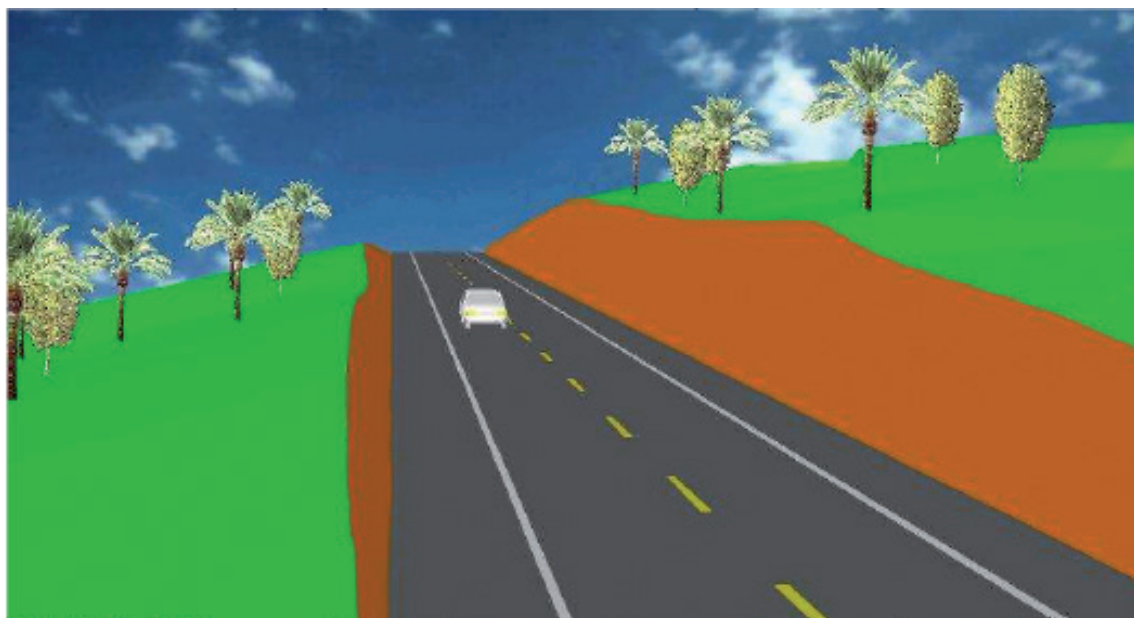


FIGURA 9: Representação das curvas de nível em CAD.

4.2 REPRESENTAÇÃO

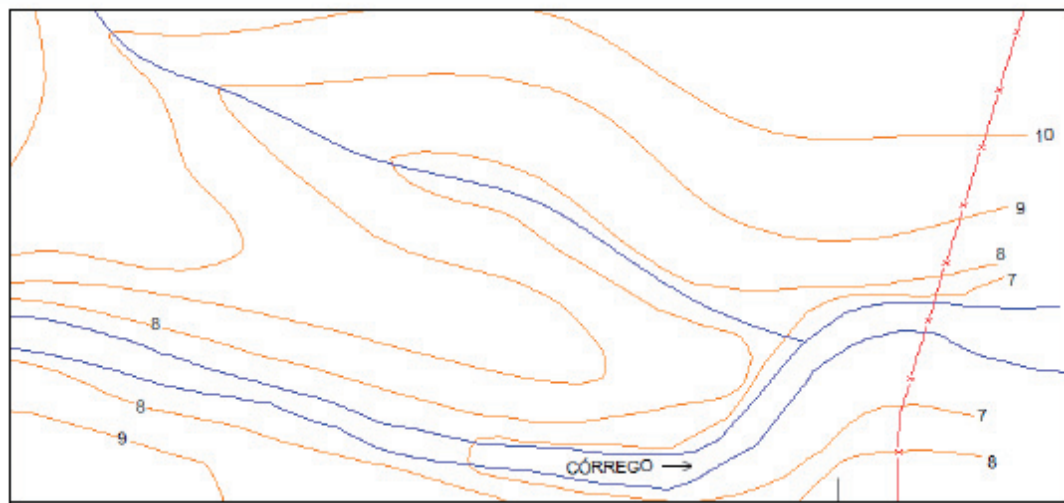


FIGURA 10: Representação das curvas de nível.

4.3 MODELAGEM DIGITAL DE TERRENOS (MDT)

O Modelo Digital do Terreno, ou simplesmente MDT (também pode ser chamado de Modelo Numérico do Terreno – MNT, ou superfície), é uma representação matemática da distribuição espacial da característica de um fenômeno vinculada a uma superfície real. A superfície é em geral contínua e o fenômeno que representa pode ser variado.

Em topografia, o MDT visa representar a superfície do terreno levantada, de forma a obter um conjunto de informações necessárias aos cálculos de áreas superficiais, curvas de nível, mapas de declividades, perfil, áreas de inundação e visualização em 3D, ou seja, é o ponto base para todos os trabalhos de altimetria e volumetria.

A representação do terreno se fará em função de equações $z = f(x,y)$, de modo que após o cálculo de MDT, será possível obter a cota em qualquer posição da área levantada.

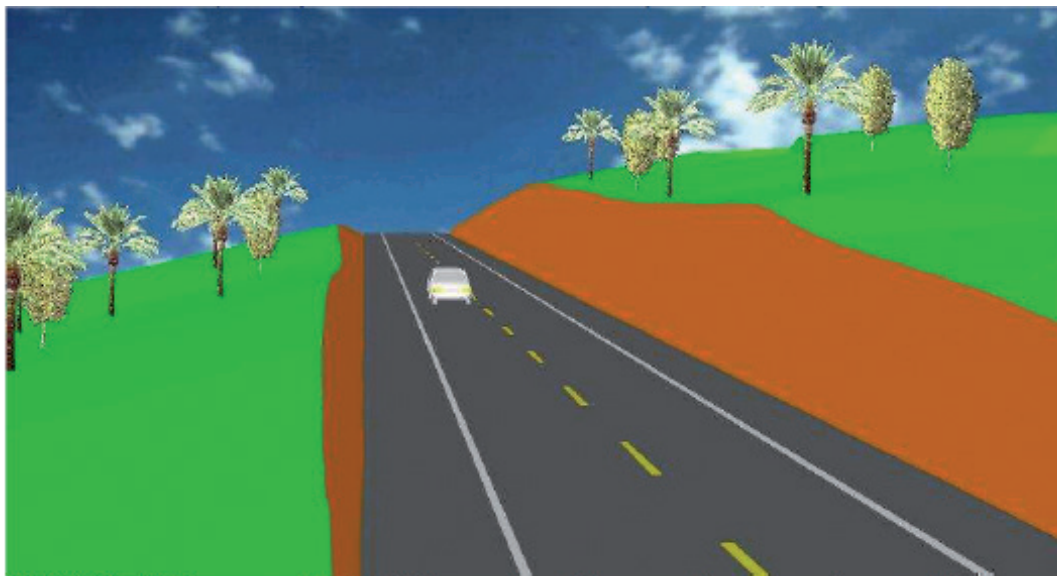


FIGURA 11: Representação tridimensional de uma área gerada a partir de um MDT

Para a criação do MDT de levantamentos topográficos, existem diversos programas computacionais disponíveis no mercado, entre eles, pode-se destacar: Topograph; Posição; DataGeosis; AutoCAD Civil 3D; GeoPack; TopoEVN e GeoOffice. Cada qual possui rotinas distintas para este fim, mas de uma maneira geral, o itinerário de todos obrigatoriamente passará pelos seguintes passos:

- a) Aquisição dos dados em campo, pelos métodos topográficos de posicionamento planialtimétrico. Processamento destas informações e geração de listagem de coordenadas X, Y e Z;
- b) Criação do arquivo de MDT (ou superfície) no programa computacional;
- c) Importação dos pontos levantados topograficamente (coordenadas X, Y, Z);
- d) Interpolação dos pontos, criação da malha irregular triangular;
- e) Identificação ou importação das linhas de quebra ou ruptura ou breaklines;
- f) Análise, edição e correção de pontos incoerentes, com cotas erradas ou que não devam ser utilizados na geração do MDT (ex. topo de edificações, fundo de bueiros – pois não compõem a superfície do terreno);
- g) Edição e correção de triangulações incoerentes ou que gerem informações equivocadas;
- h) Criação e arquivamento da superfície final, geração dos produtos representando as informações obtidas (curvas de nível, perfis, seção transversal, cálculos volumétricos, mapa hipsométrico).

Os dados de modelo numérico de terreno estão representados pelas coordenadas **xyz**, onde **z**, o parâmetro a ser modelado, é função de **xy**, ou seja: **$z=f(x,y)$** . Estes dados são usualmente adquiridos segundo uma distribuição irregular no plano **xy**.

A aquisição destes dados é realizada por levantamentos planialtimétricos de campo. O método de aquisição de dados deve ser por pontos amostrados com espaçamento irregular ou regular. O cuidado na escolha dos pontos e a quantidade de dados amostrados estão diretamente relacionados com a qualidade do produto final de uma aplicação sobre o modelo. Para aplicações onde se requer um grau de realismo maior, a quantidade de pontos amostrados, bem como o cuidado na escolha desses pontos, ou seja, a qualidade dos dados, são decisivos. Quanto maior a quantidade de pontos representantes da superfície real, maior será o esforço computacional para que estes sejam armazenados, recuperados, processados, até que se alcance o produto final da aplicação.

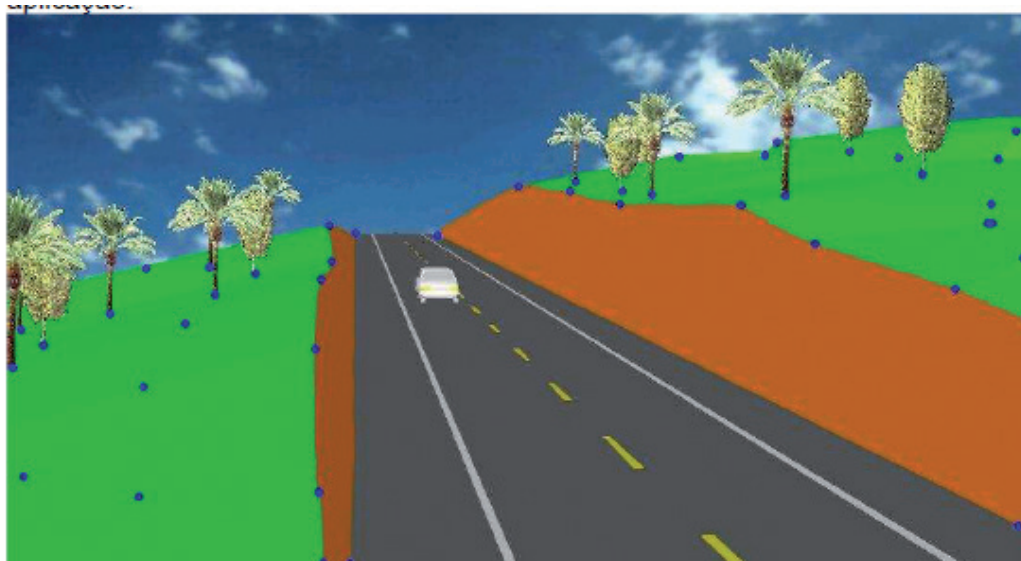


FIGURA 12: Pontos levantados para a geração do MDT.

Em topografia, a aquisição de pontos na inflexão ou mudança de declividade do terreno é indispensável para a criação de um modelo que represente fielmente o terreno. Linhas de ruptura de declividade no terreno também devem ser levantadas em campo, para uma boa definição do MDT.

Primeira Interpolação – Geração da Malha Triangular:

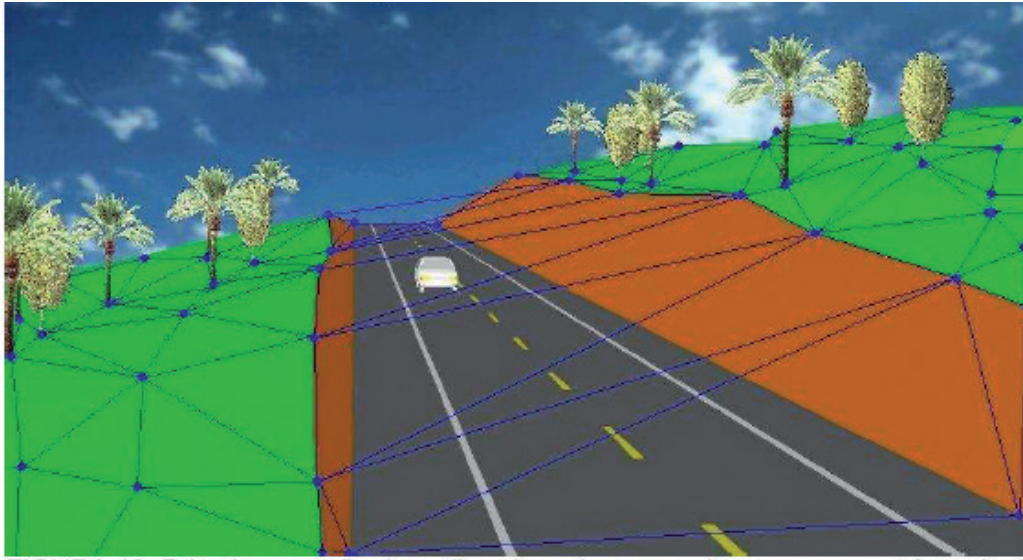


FIGURA 13: Primeira geração da malha triangular – ressalta-se o erro na triangulação.

Ao gerar a malha triangular por um software, este não tem como “saber” como é o terreno e suas declividades. Portanto, os softwares utilizam um algoritmo que interpola pontos que são mais próximos, pois teoricamente tem mais chances de serem interpolados.

Nesta primeira triangulação, representada na figura acima, percebe-se o erro na representação do relevo em foco. Não houve necessidade de levantar mais pontos no pé do talude, pois ele é linear e com declividade constante.. Assim, o software irá gerar a malha triangular de forma errada, resultando numa representação da superfície também errada, gerando produtos equivocados, como as curvas de nível da figura a seguir.

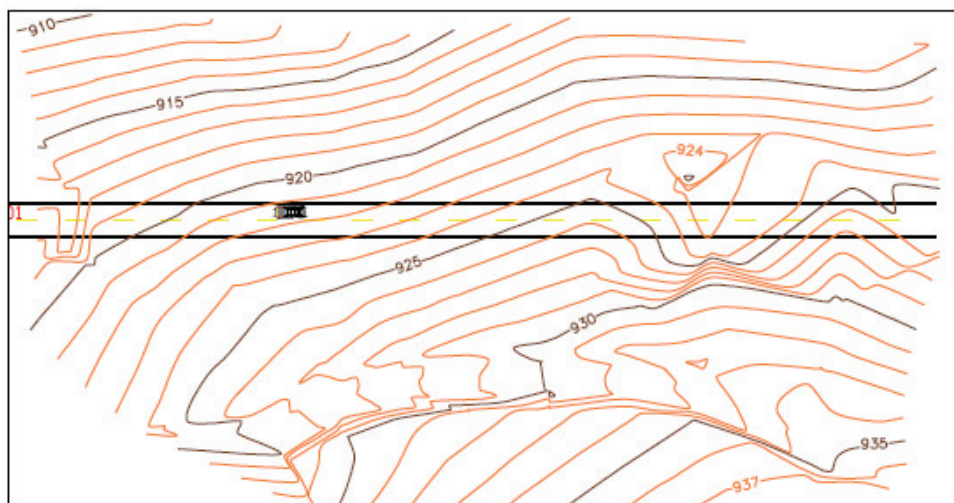


FIGURA 14: Representação errada da superfície por meio de curvas de nível, sem a importação/geração das linhas de quebra.

Qualquer produto gerado a partir deste MDT, conterá erros, pois o modelo não representa fielmente a área levantada.

Para se fazer correção desta superfície, deve-se importar as linhas de pé-de-corte como linhas de quebra, e novamente gerar a malha triangular do modelo, conforme figura a seguir.

Importação de Linhas de Quebra, Ruptura ou Breaklines

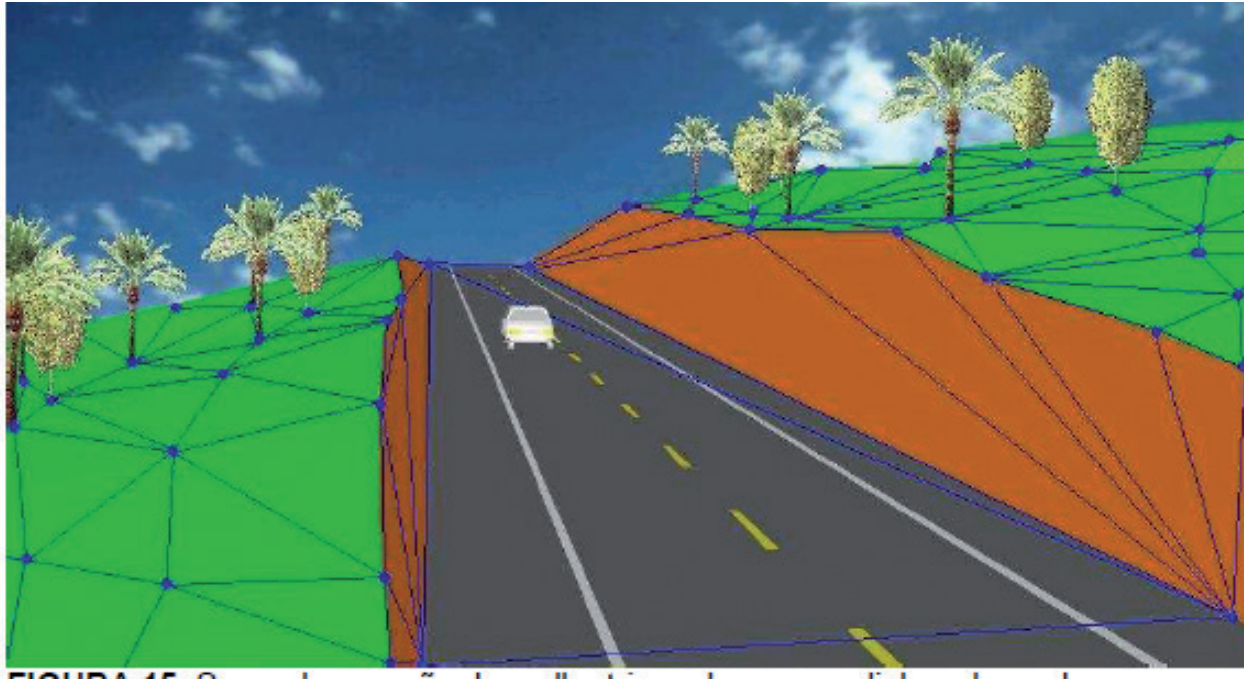


FIGURA 15: Segunda geração da malha triangular com as linhas de quebra.

As linhas de quebra, ruptura ou breaklines são as que definem discontinuidades na superfície para os dois diferentes lados de uma linha de triangulação, como linhas de fundo de vale ou de cristas de morros. Um rio, por exemplo, pode ser editado como uma linha de quebra, pois ao longo de suas margens, há uma discontinuidade do relevo. Estas linhas de quebra podem ser ou não consideradas na geração de uma grade triangular. Outros exemplos de linhas de quebra: fundos de vale; margens de rios, cristas de aterro e corte, pés de aterro e corte, muros de contenção de terreno, limites de lâminas d'água (rios, lagos, mar); bordas e eixos de estradas, entre outros. Alguns softwares exigem que a linha de quebra deve ser tridimensional e a sua projeção no plano não pode ser atravessada pelas arestas da triangulação do MDT.

Geração de produtos representando as informações obtidas

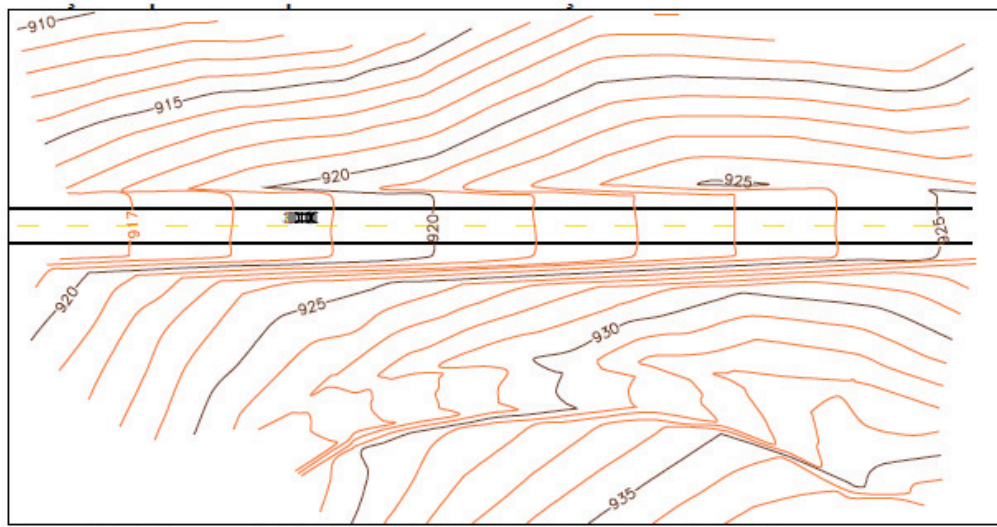


FIGURA 16: Representação da superfície por meio de curvas de nível.

Não só a criação de curvas de nível é feita a partir de MDT's. Perfis longitudinais e transversais, cálculo de volumes, projetos de terraplenagem, maquetes eletrônicas entre outros, são exemplos de produtos que podem ser gerados a partir destes modelos digitais.

5. Nivelamentos

5.1 NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO

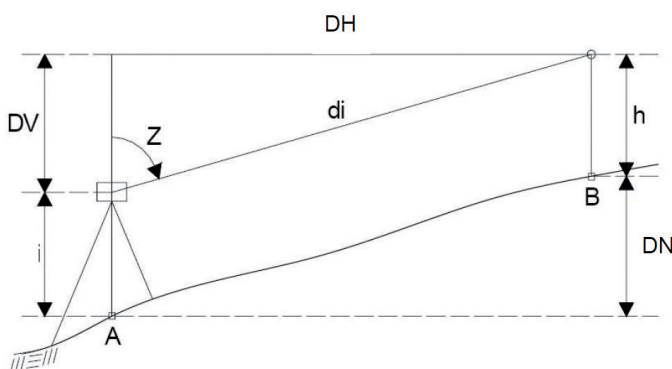
5.1.1 CONCEITO

Na NBR 13133/1994, que trata da Execução de levantamento topográfico, o nivelamento trigonométrico é definido como sendo o “nivelamento que realiza a medição da diferença de nível entre pontos do terreno, indiretamente, a partir da determinação do ângulo vertical da direção que os une e da distância entre estes, fundamentando-se na relação trigonométrica entre o ângulo e a distância medidos, levando em consideração a altura do centro do limbo vertical do teodolito ao terreno e a altura sobre o terreno do sinal visado.

O nivelamento trigonométrico baseia-se na resolução de um triângulo retângulo. Para tanto, é necessário coletar em campo, informações relativas à distância (horizontal ou inclinada), ângulos (verticais, zenitais ou nadirais), além da altura do instrumento e do sinal.

O nivelamento trigonométrico pode ser de pequeno alcance (visadas até 150m) ou grande alcance (visadas acima de 150m). Quando as visadas são maiores que 150m, devem ser consideradas a influência da curvatura da Terra e refração atmosférica, através da inserção de uma correção.

A representação do nivelamento é dada na figura 1, com o ângulo zenital sendo menor que 90°.



Onde: DN – desnível entre os pontos A e B ($H_B - H_A$)

$$\text{ou } DN = H_{\text{pto visado}} - H_{\text{estação}}$$

DV – distância vertical;

DH – distância horizontal;

Di – distância inclinada;

i – altura do instrumento;

h – altura do sinal (mira, prisma)

$$DN + h = DV + i \quad (8.1)$$

$$DN = DV + i - h \quad (8.2)$$

$$\tan(Z) = DH/DV \quad (8.3)$$

$$DV = DH/\tan(Z) = DH \cdot \cotg(Z) \quad (8.4)$$

utilizando-se a distância inclinada têm-se:

$$DV = Di \cdot \cos(Z) \quad (8.5)$$

Das equações (8.1) e (8.4) chega-se à equação (utilizando-se DH):

$$DN = + i - h + DH/\tan(Z) \quad (8.6)$$

Das equações (8.1) e (8.5) chega-se à equação (utilizando-se Di):

$$DN = + i - h + Di \cdot \cos(Z) \quad (8.7)$$

No caso do nivelamento trigonométrico de grande alcance (visadas acima de 150m), a correção relativa à curvatura da Terra e à refração atmosférica é feita através da inserção de um termo adicional na fórmula:

$$(DH^2 / 2R) \cdot (1 - k) \quad (8.8)$$

Onde:

DH = Distância horizontal (visada) em quilômetros;

R = raio aproximado da Terra (6.400 km);

k = variável para cada região. No Brasil é utilizado o coeficiente médio $k = 0,13$.

A equação (utilizando-se DH) fica sendo:

$$DN = + i - h + DH/\tan(Z) + (DH^2 / 2R) \cdot (1 - k) \quad (8.9)$$

A equação (utilizando-se Di) fica sendo::

$$DN = + i - h + Di \cdot \cos(Z) + (DH^2 / 2R) \cdot (1 - k) \quad (8.10)$$

5.1.2 INSTRUMENTOS

Na execução de nivelamentos trigonométricos é necessário um instrumento para a medição de

ângulos (teodolito) e de um instrumento para medir distâncias (trenas ou distanciômetros eletrônicos). A Estação Total pode ser utilizada para efetuar os dois tipos de medições (angular e linear).

Além dos instrumentos acima citados utilizaremos: miras, prismas, balizas, bastões, suportes para balizas/bastão, nível de cantoneira, tripés, piquetes, marreta, pregos, prancheta, formulários de croqui e/ou caderneta de campo, lápis, borracha, régua/gabarito, calculadora.

5.1.3 ANOTAÇÕES DE CAMPO

Na execução de nivelamentos trigonométricos é necessário um instrumento para a medição

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA NÚCLEO DE TOPOGRAFIA LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO						
SERVIÇO:		DATA:				
PROPRIETÁRIO:		CIDADE:				
LOCAL:		FOLHA:				
OPERADOR:						
EST.	i	PTO	h	Z	DH	OBSERVAÇÃO

5.1.4 PROCEDIMENTOS

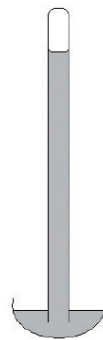
1. Reconhecimento dos pontos a serem nivelados;
2. Confecção do croqui;
3. Definição do ponto de estação e instalação do equipamento;
4. Medição e anotação da altura do instrumento;
5. Verticalização da baliza, prisma ou mira no ponto a ser nivelado;
6. Medição e anotação da distância horizontal e da altura do sinal na mira, baliza ou prisma;

5.2 NIVELAMENTO BAROMÉTRICO

O nivelamento barométrico consiste na determinação da altitude de um ponto através da medição da pressão atmosférica. Baseia-se na relação inversamente proporcional entre pressão atmosférica e altitude. Quanto maior for a altitude de um ponto, menor será a pressão atmosférica.

Barômetro de Mercúrio - Foi inventado em 1643 por Evangelista Torricelli. Torricelli observou que

se a abertura de um tubo de vidro fosse enchida com mercúrio, a pressão atmosférica iria afetar o peso da coluna de mercúrio no tubo. Quanto maior a pressão do ar, mais comprida fica a coluna de mercúrio.

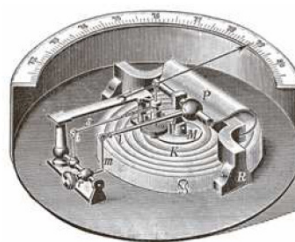


Ao nível do mar, a pressão atmosférica é 760 mmHg (temp = 0°C)

$$1 \text{ mmHg} = 1,33 \text{ hPa}$$

$$1 \text{ hPa} = 1 \text{ mbar} = 0,75 \text{ mmHg}$$

Barômetro Aneróide - Inventado em 1843 e consiste em uma pequena caixa de metal, fechada a vácuo. Um lado é fixo e o outro é ligado a uma forte mola que evita que a caixa se abra. O lado móvel se expande se a pressão do ar diminui e se comprime se a pressão do ar aumenta. A posição do lado móvel é indicada por um ponteiro.



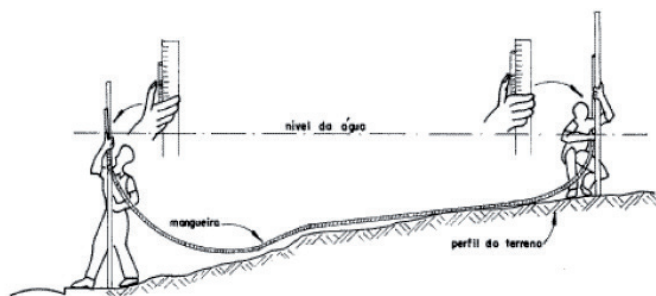
Barômetros Aneróides

5.3 NÍVEL DE MANGUEIRA

O nivelamento que utiliza o nível de mangueira está baseado no princípio dos vasos comunicantes (termo utilizado para designar a ligação de dois recipientes através de um duto fechado). Quando se tem um único líquido em equilíbrio contido no recipiente,

conclui-se que a altura alcançada por esse líquido em equilíbrio, em diversos vasos comunicantes é a mesma.

A definição do plano horizontal pela água em equilíbrio permite que seja pode ser utilizado para leitura em miras graduadas ou marcação em paredes. Diferenças de nível em relação à este plano horizontal podem ser medidas em relação à cotas pré-determinadas.



Cuidados a serem tomados na utilização do nível de mangueira:

- eliminação de qualquer bolha de ar dentro da mangueira;
- a mangueira deve ser transparente, e de pequeno diâmetro, da ordem de $\varnothing 1/4"$ ou $5/16"$ para obter maior sensibilidade;
- a parede da mangueira deve ser espessa para evitar dobras.

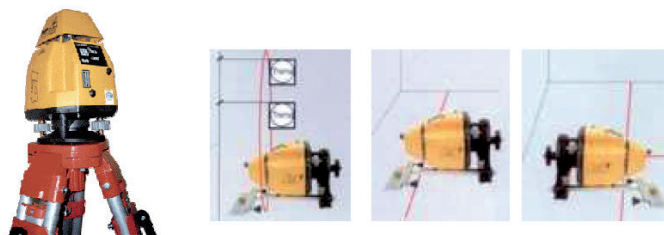
5.4 NÍVEL LASER

O nível laser utiliza o laser para marcações e medições de níveis e alinhamento de pontos. O equipamento define um plano horizontal ou vertical com o laser.

O nível laser rotatório é um aparelho que possui uma fonte laser sobre um rotor, gerando um plano nivelado, facilitando alinhamentos em ambientes fechados de estruturas, forros, telhados, alvenaria. Com o uso de um sensor de luz laser, é possível medir o nível numa área ao redor do equipamento. Esse detector consegue identificar por onde esse plano formado pelo laser está passando, podendo auxiliar na marcação de níveis de terrenos, nível das formas e espessura da laje durante a concretagem, nivelamento de fundações e diversas outras estruturas.

O nível laser cross é um nível que fornece uma linha constante normalmente usada como um eixo, utilizado para se marcar uma linha reta sobre uma superfície, alinhamento de pontos, marcação de nível,

esquadro e prumo a uma certa distância do objeto, alinhamento para máquinas de corte, alinhamento, prumo e esquadro de estruturas.

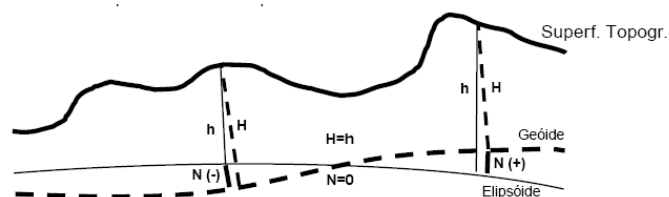


5.5 GPS

A determinação da altitude (coordenada z) de um ponto através do Sistema de Posicionamento Global (GPS) dá-se pelo mesmo princípio que o sistema determina as coordenadas posicionais X e Y.

Vale salientar que a precisão da altitude elipsoidal (Z) fornecida pelos receptores GPS é cerca de 3 vezes pior do que a precisão alcançada nas coordenadas X e Y.

O GPS fornece altitudes elipsoidais (geométricas).



$h = H + N$, sendo:

H: altitude ortométrica (geoidal)

h: altitude geométrica (elipsoidal)

N: ondulação geoidal, ou altura geoidal ou ainda distância geoidal

A conversão da altitude geométrica em ortométrica é feita pela equação $H = h - N$. O problema é na determinação de N, pois o mapa geoidal do Brasil não tem escala apropriada para tal. Para isso, essa conversão é realizada através da utilização de softwares específicos.

Para um entendimento mais aprofundado do Sistema de Posicionamento Global sugere-se consulta à apostila "Sistema Geodésico de Referência, Proje-

ções Cartográficas e GPS” elaborada pelo Prof. Rovane Marcos de França, do IF-SC, de onde foram extraídas as informações aqui apresentadas.

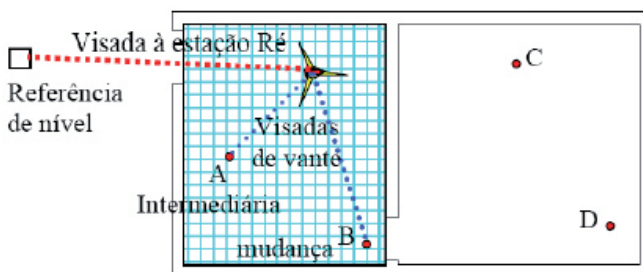
6. Aplicações

6.1 PONTOS DE DETALHE

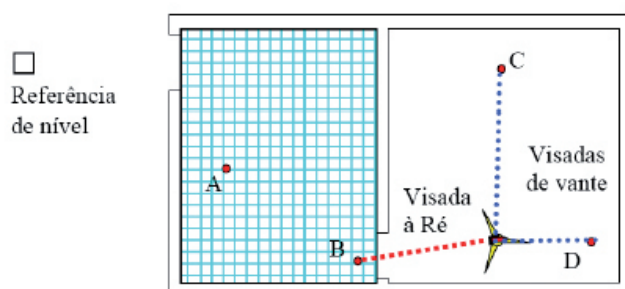
A NBR 13133 define o nivelamento de pontos de detalhe:

“5.21.1 O levantamento altimétrico dos pontos de detalhe pode ser realizado por nivelamento trigonométrico e/ou taqueométrico, a partir dos vértices das poligonais (principais, secundárias e auxiliares), cujas altitudes ou cotas devem ser determinadas a partir das referências de nível do apoio topográfico, por meio de nivelamento geométrico ou por nivelamento trigonométrico. Se feito por nivelamento geométrico, os vértices são obrigatoriamente medidos em mudanças do instrumento; se por trigonométrico, com controle de leituras ré e vante.”

O exemplo abaixo mostra o nivelamento de pontos de detalhe em uma edificação, através de nivelamento geométrico composto.



Mudando a Estação ↓



Determinação de cotas em uma edificação
Fonte: Veiga et al (2007).

6.2 PERFIL LONGITUDINAL

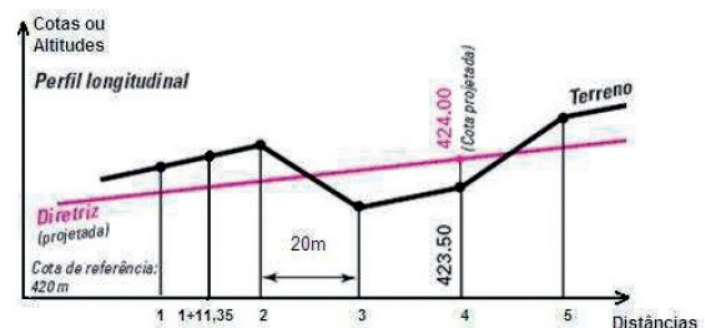
O perfil de um terreno é representado por uma linha irregular resultante da interseção deste terreno com um plano vertical. Sua representação é feita num sistema de eixos cartesianos. No eixo horizontal são marcadas as distâncias e no eixo vertical são marcadas as cotas ou altitudes.

O planejamento e a locação detalhada de vias de comunicação, como por exemplo as estradas de rodagem, ferrovias, canais, linhas de redes, é baseado em perfis longitudinais e seções transversais (item 8.2.4). Também dependem dos perfis longitudinais e das seções transversais o cálculo de terraplenagem e a definição do melhor projeto das vias em função da topografia.

Inicialmente, o eixo longitudinal é locado e estaqueado, onde os pontos são estabelecidos e marcados em intervalos regulares (geralmente de 20 metros). É então criado um perfil longitudinal ao longo da diretriz, determinando-se as cotas dos pontos estaqueados através de nivelamento geométrico. Quando existirem pontos intermediários às estacas que determinem elementos topográficos de destaque, os mesmos deverão ser considerados e nivelados também.

O perfil longitudinal pode ser considerado natural quando a escala do eixo horizontal é igual à do eixo vertical.

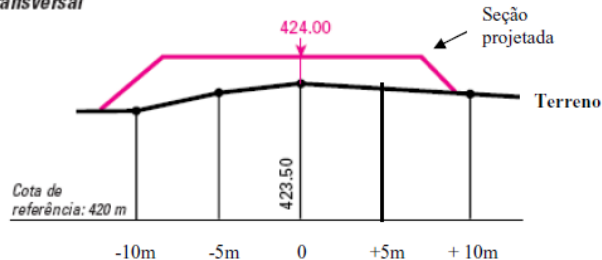
Geralmente, ao representar um perfil longitudinal graficamente, as cotas dos pontos do estaqueamento, consideradas a partir de uma cota de referência, são expressas em uma escala superior a das distâncias longitudinais existentes entre eles (ex.: 10 vezes maior). Assim sendo, a escala do eixo vertical (cotas ou altitudes) é 10 vezes maior que a escala do eixo horizontal (distâncias). Chamase esse perfil longitudinal de **realçado** ou **ampliado**.



Fonte: Leica (2000).
Adaptado pelo autor

Sobre os pontos do estaqueamento e sobre os pontos que determinam os elementos topográficos de destaque, é realizado o levantamento das seções transversais (posicionadas em uma direção perpendicular à diretriz que definiu o perfil longitudinal). As distâncias entre o ponto da estação até os pontos da seção transversal podem ser determinadas com uma trena ou por estadimetria através do Nível.

Seção Transversal



Fonte: Leica (2000).
Adaptado pelo autor.

6.3 TRANSPORTE DE RN

A implantação de referências de nível é muito bem definida pela NBR 13133/94. A norma define 4 classes de nivelamentos, sendo que a classe **IN** refere-se à: “Nivelamento geométrico para implantação de referências de nível (RN) de apoio altimétrico.” A tolerância de erro é definida pela equação:

$$Tol = 12mm \sqrt{K}$$

K = extensão nivelada em km, medida num único sentido.

“5.17 As referências de nível, espaçadas de acordo com o terreno, área a ser levantada e condições peculiares da finalidade do levantamento, devem ser implantadas por meio de nivelamento geométrico duplo - nivelamento e contranivelamento - em horários distintos, em princípio, a partir de referências de nível do SGB. São recomendados cuidados usuais, a fim de serem evitadas a ocorrência e a propagação de erros sistemáticos, muito comuns nas operações de nivelamento geométrico, devendo para tanto ser consultados os manuais dos fabricantes dos níveis.

5.17.1 Os comprimentos das visadas de ré e de vante devem ser aproximadamente iguais e de, no máximo, 80 m, sendo ideal o comprimento de 60 m, de modo a compensar os efeitos da curvatura terrestre e da refração atmosférica, além de melhorar a exatidão do levantamento por facilitar a leitura da mira.

5.17.2 Para evitar os efeitos do fenômeno de reverberação, as visadas devem situar-se acima de 50 cm do solo.

5.17.3 As miras devem ser posicionadas aos pares, com alternância a vante e a ré, de modo que a mira posicionada no ponto de partida (lida a ré) seja posicionada, em seguida, no ponto de chegada (lida a vante), sendo conveniente que o número de lances seja par.

5.17.4 As miras, devidamente verticalizadas, devem ser apoiadas sobre chapas ou pinos e, no caminhamento, sobre sapatas, mas nunca diretamente sobre o solo.

5.17.5 A qualidade dos trabalhos deve ser controlada através das diferenças entre o nivelamento e o contranivelamento, seção a seção, e acumulada na linha, observando-se os valores limites prescritos em 6.4 (Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 3 (nível considerado de precisão alta com desvio padrão $\sigma \leq \pm 3 \text{ mm/km}$), utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura a ré e vante dos três fios, visadas eqüidistantes com diferença máxima de 10 m, ida e volta em horários distintos e com Ponto de Segurança (PS) a cada km, no máximo. Extensão máxima de 10 km, lance máximo de 80 m e lance mínimo de 15 m.

5.18 Todas as medições de campo devem ser registradas em cadernetas adequadas ao tipo de operação e anotadas de forma permanente.”

$$Tol = 12mm \sqrt{K}$$

Caderneta de Campo

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA NÚCLEO DE TOPOGRAFIA LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA						
NIVELAMENTO GEOMÉTRICO						
SERVIÇO:			DATA:			
PROPRIETÁRIO:			CIDADE:			
LOCAL:			FOLHA:			
OPERADOR:						
EST.	PTO	LEITURA		AI	COTA	OBSERVAÇÃO
		RÉ	VANTE			

Exemplo:

Um transporte de RN foi realizado, seguindo as determinações da NBR 13133/94, utilizando-se um nível digital, que faz a medição automática da distância horizontal entre o nível e a mira. Partiu-se da RN 80 com o objetivo de determinar a altitude da RN 34.

A planilha com os dados do nivelamento é mostrada abaixo:

EST.	PTO	LEITURA		AI	COTA	OBSERVAÇÃO
		RÉ	VANTE			
01	RN 80	1,335		10,65	9,315	DH=40,325m
	A1		1,511		9,139	DH=35,078m
02	A1	1,025		10,164		DH=53,078m
	A2		2,126		8,038	DH=58,243m
03	A2	1,241		9,279		DH=52,968m
	A3		1,782		7,497	DH=58,243m
04	A3	1,836		9,333		DH=29,548m
	RN 34		1,698		7,635	DH=33,740m
05	RN 34	1,239		8,874		DH=25,758m
	A4		1,176		7,698	DH=31,005m
06	A4	1,781		9,479		DH=23,540m
	A5		1,054		8,425	DH=21,800m
07	A5	2,149		10,574		DH=59,280m
	A6		1,322		9,252	DH=63,543m
08	A6	1,413		10,665		DH=53,096m
	RN 80		1,344		9,321	DH=48,510m

As fórmulas utilizadas são:

O Perímetro percorrido no nivelamento e contra nivelamento é a soma das distâncias horizontais de visadas à ré e vante.

$$P = 639,25 \text{ m}$$

Sabemos que K é a extensão nivelada em km, medida num único sentido.

Assim sendo,

$$K = P/2 \Rightarrow K = 0,319 \text{ Km}$$

A tolerância é calculada pela fórmula:

$$\text{Tol} = 12 \text{ mm } \sqrt{K} \Rightarrow \text{Tol} = 12 \text{ mm } \sqrt{0,319} \Rightarrow \text{Tol} = 6,8 \text{ mm}$$

O erro total do nivelamento é dado pela fórmula $\text{Cota final} - \text{Cota inicial}$

$$\text{Erro} = \text{Cota final} - \text{Cota inicial} \Rightarrow \text{Erro} = 9,321 - 9,315 = 0,006 \text{ m}$$

Comparando-se o erro cometido com a tolerância, têm-se a verificação quanto ao nivelamento.

$$6 \text{ mm} < 6,8 \text{ mm} \text{ ! OK}$$

O nivelamento pode ser classificado como IN de acordo com a NBR 13133/94.

A cota do RN34 será corrigida pela metade do erro total cometido no sentido contrário ao erro. Como o erro foi positivo, a correção será de $- 3 \text{ mm}$.

$$\text{Cota corrigida} \Rightarrow \text{RN34} = 7,632 \text{ m}$$

6.4 CIRCUITO

De maneira semelhante ao transporte de RN, em um circuito de nivelamento também parte-se em uma referência de nível e termina-se o levantamento na mesma referência de nível. A diferença, é que no circuito, o caminho de “ida” é diferente do caminho de “volta”, e geralmente há pontos a serem nivelados ao longo deste caminho. Assim sendo, as cotas de todos os pontos precisarão ser corrigidas de acordo com o erro total cometido, e esse erro é dividido em parcelas proporcionais ao número de estações (leituras de Ré).

O circuito de nivelamento enquadra-se pela NBR 13133/94 na classe IIN, onde:

“Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 2 (nível considerado de precisão média com desvio padrão $\sigma \leq \pm 10$ mm/km), utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura do fio médio, ida e volta ou circuito fechado, com Ponto de Segurança (PS) a cada dois km, no máximo. Extensão máxima de 10 km, lance máximo de 80 m, lance mínimo de 15 m e tolerância de 20 mm $\sqrt{K}$.”

Exemplo:

 INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA NÚCLEO DE TOPOGRAFIA LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA NIVELAMENTO GEOMÉTRICO								
SERVIÇO: _____					DATA: _____			
PROPRIETÁRIO: _____					CIDADE: _____			
LOCAL: _____					FOLHA: _____			
OPERADOR: _____								
EST.	PTO	LEITURA		AI	COTA	CORREÇÃO	COTA CORRIGIDA	DIST.
		RÉ	VANTE					
A	RN 12	0,975		7,475	6,500			55,689
	1		1,175	7,475	6,300	-0,003	6,297	
	2		1,692	7,475	5,783	-0,003	5,780	
	3		1,595	7,475	5,880	-0,003	5,877	
	AUX 64		1,383	7,475	6,092	-0,003	6,089	63,436
B	AUX 64	1,438		7,530	6,092			45,400
	5		0,899	7,530	6,631	-0,006	6,625	
	6		0,807	7,530	6,723	-0,006	6,717	
	7		1,128	7,530	6,402	-0,006	6,396	
	AUX 68		1,472	7,530	6,058	-0,006	6,052	48,492
C	AUX 68	1,408		7,466	6,058			63,450
	9		1,508	7,466	5,958	-0,009	5,949	
	10		1,799	7,466	5,667	-0,009	5,658	
	11		1,500	7,466	5,966	-0,009	5,957	
	AUX 72		1,510	7,466	5,956	-0,009	5,947	57,439
D	AUX 72	1,389		7,345	5,956			43,678
	13		1,461	7,345	5,884	-0,012	5,872	
	14		1,448	7,345	5,897	-0,012	5,885	
	15		1,443	7,345	5,902	-0,012	5,890	
	RN 12		0,833	7,345	6,512	-0,012	6,500	52,436
								430,020

As fórmula utilizadas são:

$$AI = Cota + Ré$$

$$Cota = AI - Vante$$

Sabemos que K é a extensão nivelada em km, medida num único sentido, que neste circuito de nivelamento é a soma das distâncias horizontais de visadas à ré e vante de mudança.

$$K = 0,430 \text{ Km}$$

A tolerância para a classe de nivelamento IIN é calculada pela fórmula:

$$Tol = 20 \text{ mm } \sqrt{K} \Rightarrow Tol = 20 \text{ mm } \sqrt{0,430} \Rightarrow Tol = 13,1 \text{ mm}$$

O erro total do nivelamento é dado pela fórmula $Cota \text{ final} - Cota \text{ inicial}$

$$Erro = Cota \text{ final} - Cota \text{ inicial} \Rightarrow Erro = 6,513 - 6,500 = 0,012 \text{ m}$$

Comparando-se o erro cometido com a tolerância, têm-se a verificação quanto ao nivelamento.

$$12 \text{ mm} < 13,1 \text{ mm} ! \text{ OK}$$

O nivelamento pode ser classificado como IIN de acordo com a NBR 13133/94.

A cota de cada ponto nivelado no circuito, obedecendo um fator de correção C calculado pela fórmula:

$$C = \text{erro total} / n^{\circ} \text{ Ré}$$

$$C = 12 / 4 \Rightarrow C = 0,003 \text{ m}$$

A correção da cota calculada em cada ponto nivelado obedecerá a fórmula:

$$Cota_{\text{corrigida}} = Cota_{\text{calculada}} - (N \times C)$$

Onde N é o número de ordem crescente da estação (1, 2,... n).

Para o ponto 2, por exemplo, que foi nivelado a partir da estação A que na ordem crescente do nivelamento foi a estação 1, o cálculo da cota corrigida é:

$$Cota_{\text{corrigida}} = Cota_{\text{calculada}} - (N \times C)$$

$$Cota_{\text{corrigida 2}} = 5,783 - (1 \times 0,003)$$

$$Cota_{\text{corrigida 2}} = 5,780 \text{ m}$$

Para o ponto 14, por exemplo, que foi nivelado a partir da estação d que na ordem crescente do nivelamento foi a estação 4, o cálculo da cota corrigida é:

$$Cota_{\text{corrigida}} = Cota_{\text{calculada}} - (N \times C)$$

$$Cota_{\text{corrigida 14}} = 5,897 - (4 \times 0,003)$$

$$Cota_{\text{corrigida 14}} = 5,885 \text{ m}$$

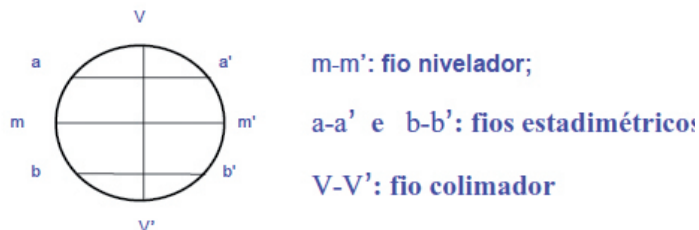
O cálculo das cotas corrigidas segue o mesmo raciocínio para todos os outros pontos nivelados ao longo do circuito.

7. Estadimetria

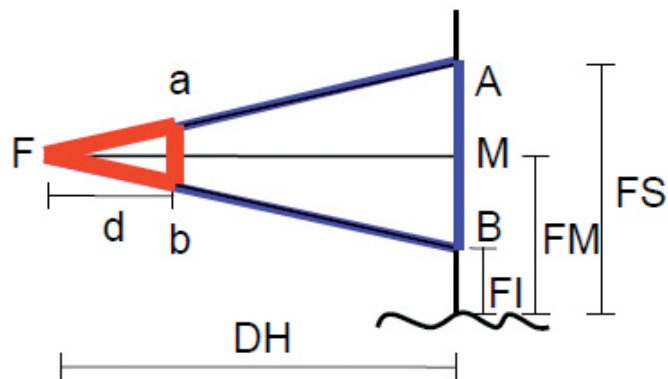
7.1 CONCEITO

Um ótico inglês chamado Green construiu em 1778 um aparelho composto de um tubo com 3 fios, que ele chamou de estadia.

Os taqueômetros estadimétricos são teodolitos dotados de luneta que contêm os fios:



O princípio geral da estadimetria define que “é possível determinar a distância horizontal entre o ‘aparelho’ e a ‘mira’ através da relação entre as leituras dos fios estadimétricos e os valores constantes do instrumento”.



Ln = luneta;

F = foco da objetiva;

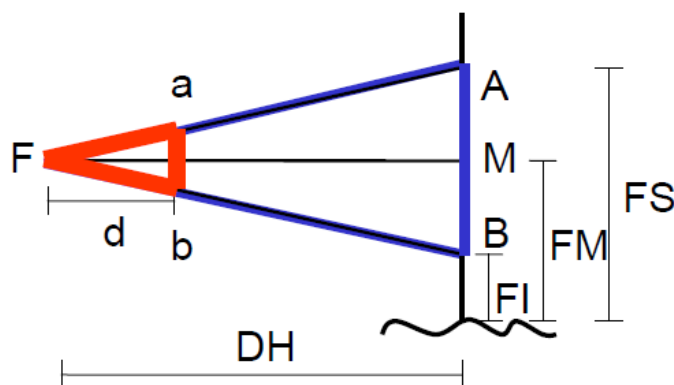
d = distância entre os planos dos fios do retículo ao foco da objetiva;

s = distância vertical entre os fios estadimétricos;

Dh = distância horizontal entre o aparelho e a mira;

AB = número gerador ‘S’ = diferença de leituras sobre a mira entre os fios superior(FS) e inferior(FI).

Por semelhança dos triângulos Fab e FAB, obtêm-se:



$$D/d = AB/ab$$

Sendo: $AB = S = FS - FI$, e $ab = s$ têm-se:

$$D = (d/s) \cdot S$$

Os valores ‘d’ (distância focal do teodolito) e ‘s’ (afastamento dos fios estadimétricos) são invariáveis (constantes) para cada tipo de instrumento.

$$d/s = C$$

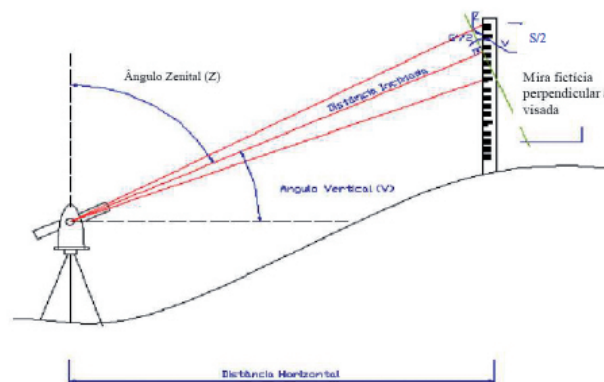
(C = constante estadimétrica do instrumento)

Obs.: Os teodolitos e níveis atuais são fabricados para $C = 100$

A equação básica da estadimetria fica sendo:

$$DH = C \cdot S$$

Quando a visada for inclinada (ângulo zenital diferente de 90°), tem-se:



Fonte: Veiga et al (2007).
Adaptado pelo autor.

A equação para a determinação da distância horizontal entre o aparelho e a mira, com visada inclinada fica sendo:

$$D_h = C \cdot S \cdot \sin^2 Z$$

Onde: D_h – distância horizontal entre o aparelho e a mira;

C - constante estadimétrica do instrumento;

S – número gerador (diferença de leituras sobre a mira entre os fios superior(FS) e inferior(FI));

Z – ângulo zenital.

8. Taqueometria

8.1 CONCEITO

O termo taqueometria tem sua origem nas palavras gregas **takhys** (rápido) e **metren** (medida).

A taqueometria pode ser definida como sendo a parte da topografia que se ocupa dos processos de levantamentos planialtimétricos onde as medidas horizontais e verticais são realizadas de forma indireta, simultaneamente, baseado no princípio da estadimetria (item 8.6) e trigonometria.

8.2 INSTRUMENTOS

Na execução de levantamentos taqueométricos é necessário um taqueômetro. Os taqueômetros podem ser auto-redutores ou estadimétricos.

Os taqueômetros auto-redutores têm uso pouco freqüente, e não serão abordados aqui.

Os taqueômetros estadimétricos são teodolitos dotados de luneta que contêm os fios estadimétricos, conforme item 8.6.1, que além de serem utilizados para a medição indireta das distâncias horizontais, também faz a medição dos ângulos horizontais e verticais (zenitais).

Além dos instrumentos acima citados utilizaremos: miras, balizas, bastões, suportes para balizas/bastão, nível de cantoneira, tripés, piquetes, marreta, pregos, prancheta, formulários de croqui e/ou cadereta de campo, lápis, borracha, régua/gabarito, calculadora.

8.3 CADERNETA DE CAMPO

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA NÚCLEO DE TOPOGRAFIA LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA TAQUEOMETRIA							
SERVIÇO: _____						DATA: _____	
PROPRIETÁRIO: _____						CIDADE: _____	
LOCAL: _____							
OPERADOR: _____							
EST.	PONTO	LEITURAS		ÂNGULO		FOLHA:	
i	VISADO	SUPER.	MÉDIA	HORIZONTAL	ÂNGULO VERTICAL	DESCRIÇÃO	

8.4 PROCEDIMENTOS

Instala-se o equipamento (taqueômetro) em um ponto de cota ou altitude conhecida ou quando isso não é possível, é visado um ponto com cota ou altitude conhecida. Coloca-se a mira no ponto a ser levantado, mantendo a mira na vertical e procede-se a leitura na mira dos fios estadimétricos superior (FS), médio (FM) e inferior (FI), faz-se a leitura do ângulo vertical (Z) e do ângulo horizontal. Mede-se a altura do instrumento com uma trena. É necessário também determinar o azimute de um alinhamento, ou “zerar” o ângulo horizontal do aparelho na direção do norte magnético, para o cálculo posterior da posição dos pontos levantados.

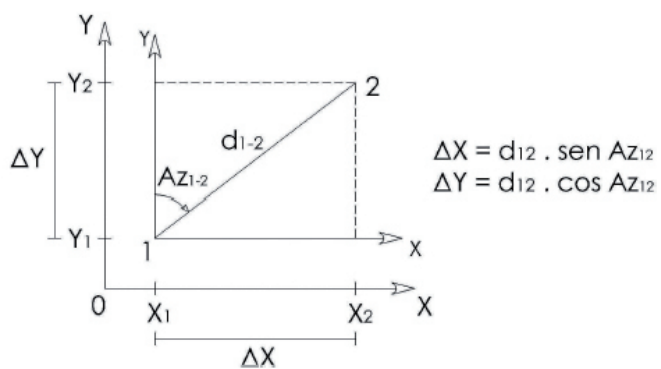
8.5 CÁLCULOS

As cotas ou altitudes (H) dos pontos levantados serão calculadas pela fórmula do nivelamento trigonométrico:

$$DN = + i - h + DH/\tan(Z)$$

lembrando que $DN = H_{\text{pto visado}} - H_{\text{estação}}$

As coordenadas retangulares (X,Y) dos pontos serão calculadas utilizando-se a transformação de coordenadas polares (distâncias horizontais e ângulos horizontais entre a estação e os pontos levantados) em retangulares, conforme demonstrado na apostila da unidade curricular de Topografia I, elaborada pelos professores Cesar Rogério Cabral, Leandro Dilnei Viana Soares e Markus Hasenack:



Onde $X_2 = X_1 + \Delta X$ e

$Y_2 = Y_1 + \Delta Y$

Bibliografia

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.133**. Execução de Levantamento Topográfico. Rio de Janeiro, 1994.
- COMASTRI, José A.; TULER, José C.. **Topografia – Altimetria**. Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária. 2ª Edição. Viçosa/MG, 1990.
- ESPARTEL, Lélis; LUDERITZ, João; SERRAZIN; OBERBECK HÖFER. **Manual de Topografia e Caderneta de Campo**. Editora Globo. Porto Alegre, 1983
- SILVA, Jorge Luiz Barbosa da. **Nivelamento Geométrico**. UFRS (Apostila), 2003.
- SILVEIRA, Luiz Carlos da. Curso “**Topografia Básica**”. Revista A Mira – Agrimensura & Cartografia. Editora Luana. 8ª Edição. Criciúma/SC. (199-).
- VEIGA, Luis Augusto Koenig; FAGGION, Pedro Luis. **Considerações sobre a Instrumentação Topográfica**. UFPR (Apostila), 2006.
- VEIGA, Luis Augusto Koenig; ZANETTI, Maria Aparecida Z.; FAGGION, Pedro Luis. **Fundamentos de Topografia**. UFPR (Apostila), 2007
- CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA - UNIDADE DE FLORIANÓPOLIS - DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL - CURSO TÉCNICO DE GEOMENSURA
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - Campus Florianópolis - Departamento Acadêmico de Construção Civil - Curso Técnico de Agrimensura - Unidade Curricular: Topografia IV