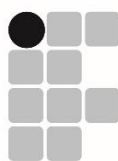


**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA**  
Departamento Acadêmico da Construção Civil  
Curso Técnico em Agrimensura

# **INTRODUÇÃO À ALTIMETRIA**

**SÉRIE: TOPOGRAFIA E AGRIMENSURA PARA  
CURSOS TÉCNICOS**

**Prof. Ângelo Martins Fraga  
Prof. Julia Cucco Dalri  
Prof. Dalton Luiz Lemos II  
Prof. Renato Zetehaku Araujo**



**INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA**

**Florianópolis-SC  
2018**



**INSTITUTO FEDERAL**

Santa Catarina  
Campus Florianópolis

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO TÉCNICO DE AGRIMENSURA

**Curso Técnico em Agrimensura:**

Av. Mauro Ramos, 950, Centro, Florianópolis - Santa Catarina

CEP: 88020-300

Telefone: (48) 3321-6061

[sites.florianopolis.ifsc.edu.br/agrimensura](http://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/agrimensura)

**Reitoria:**

Rua 14 de Julho, 150, Coqueiros, Florianópolis - Santa Catarina

CEP: 88075-010

Telefone: (48) 3877-9000 / Fax: (48) 3877-9060

[www.ifsc.edu.br](http://www.ifsc.edu.br)

Reprodução total ou parcial dessa obra autorizada pelos autores e pela instituição para fins educativos e não comerciais.

Catálogo na fonte pelo Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - IFSC  
Reitoria

I619

Introdução à altimetria: topografia e agrimensura para cursos técnicos [recurso eletrônico] / Ângelo Martins Fraga... [et al.] – Florianópolis: IFSC, 2018.

1 Livro digital.

44 p.: il.

Vários autores.

Inclui referências.

ISBN 97885XXXXXXX

1. Altimetria. 2. Topografia. 3. Nivelamento. I. Fraga, Ângelo Martins.

CDD 526.98

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC  
Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Câmpus Florianópolis  
Catalogado por: Edinei Antonio Moreno CRB 14/1065



## Sumário

|        |                                     |    |
|--------|-------------------------------------|----|
| 1.     | CONCEITOS DE ALTIMETRIA .....       | 1  |
| 1.1.   | Desnível .....                      | 1  |
| 1.2.   | Cota .....                          | 1  |
| 1.3.   | Altitude .....                      | 1  |
| 1.4.   | Datum Vertical .....                | 2  |
| 1.4.1. | Ponto de Segurança (PS) .....       | 3  |
| 1.4.2. | Ponto Auxiliar .....                | 3  |
| 1.5.   | Apoio geodésico altimétrico .....   | 3  |
| 1.6.   | Apoio topográfico altimétrico ..... | 4  |
| 1.7.   | Nivelamento .....                   | 4  |
| 2.     | EQUIPAMENTOS DE ALTIMETRIA .....    | 7  |
| 2.1.   | Nível .....                         | 7  |
| 2.1.1. | laser .....                         | 8  |
| 2.1.2. | Digital .....                       | 9  |
| 2.1.3. | Ótico .....                         | 11 |
| 2.1.4. | Leitura de Mira .....               | 12 |
| 2.1.5. | Exercício de Leitura de Mira .....  | 14 |
| 2.1.6. | Classificação ABNT .....            | 15 |
| 2.1.6  | Erros de Operação .....             | 15 |
| 2.2.   | Teodolito .....                     | 17 |
| 2.3.   | Estação Total .....                 | 17 |
| 2.4.   | GNSS .....                          | 18 |
| 2.5.   | Barômetro .....                     | 18 |
| 2.6.   | Nível de Mangueira .....            | 19 |
| 3.     | MEDIÇÃO ANGULAR VERTICAL .....      | 21 |
| 3.1.   | Tipos de ângulos .....              | 21 |
| 3.1.1. | Zenital .....                       | 21 |
| 3.1.2. | Nadiral .....                       | 22 |
| 3.1.3. | Inclinação .....                    | 23 |
| 3.2.   | Medições em campo .....             | 23 |
| 3.2.1. | Teodolito/Estação Total .....       | 23 |
| 3.2.2. | Clinômetro mecânico .....           | 24 |
| 3.2.3. | Inclinômetro digital .....          | 24 |



|             |                                              |           |
|-------------|----------------------------------------------|-----------|
| <b>4.</b>   | <b>NIVELAMENTO GEOMÉTRICO .....</b>          | <b>25</b> |
| <b>4.1.</b> | <b>Conceito.....</b>                         | <b>25</b> |
| <b>4.2.</b> | <b>Tipos de leitura.....</b>                 | <b>26</b> |
| <b>4.3.</b> | <b>Instrumentos .....</b>                    | <b>26</b> |
| <b>4.4.</b> | <b>Croqui .....</b>                          | <b>26</b> |
| <b>4.5.</b> | <b>Anotações de campo .....</b>              | <b>26</b> |
| 4.5.1.      | Equipe.....                                  | 27        |
| 4.5.2.      | Instrumentos .....                           | 27        |
| 4.5.3.      | Informações adicionais .....                 | 27        |
| 4.5.4.      | Medições.....                                | 28        |
| <b>4.6.</b> | <b>Procedimentos .....</b>                   | <b>28</b> |
| <b>4.7.</b> | <b>Cálculos .....</b>                        | <b>28</b> |
| <b>4.8.</b> | <b>Aplicação de planilha eletrônica.....</b> | <b>30</b> |
| <b>5.</b>   | <b>NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO .....</b>      | <b>30</b> |
| <b>5.1.</b> | <b>Conceito.....</b>                         | <b>30</b> |
| <b>5.2.</b> | <b>Instrumentos .....</b>                    | <b>30</b> |
| <b>5.3.</b> | <b>Croqui .....</b>                          | <b>31</b> |
| <b>5.4.</b> | <b>Anotações de campo .....</b>              | <b>31</b> |
| 5.4.1.      | Equipe.....                                  | 32        |
| 5.4.2.      | Instrumentos .....                           | 32        |
| 5.4.3.      | Informações adicionais .....                 | 32        |
| 5.4.4.      | Medições.....                                | 32        |
| <b>5.5.</b> | <b>Procedimentos .....</b>                   | <b>32</b> |
| <b>5.6.</b> | <b>Cálculos .....</b>                        | <b>33</b> |



## **1. CONCEITOS DE 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.

Conhecer a altura 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 altura está baseada em métodos que permitem obter o desnível entre pontos. Conhecendo-se um valor de referência inicial é possível calcular as demais alturas.

Existem diferentes métodos que permitem determinar as alturas, com precisões que variam de alguns centímetros até décimo de milímetro. A aplicação de cada um deles dependerá da finalidade do trabalho.

### **1.1. 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. COTA**

É a distância medida ao longo da vertical de um ponto até um plano de referência qualquer, arbitrado.

### **1.3. ALTITUDE**

É a distância medida na vertical entre um ponto e o nível médio dos mares prolongado nos continentes. A diferença entre cota e altitude encontra-se ilustrada na figura abaixo.

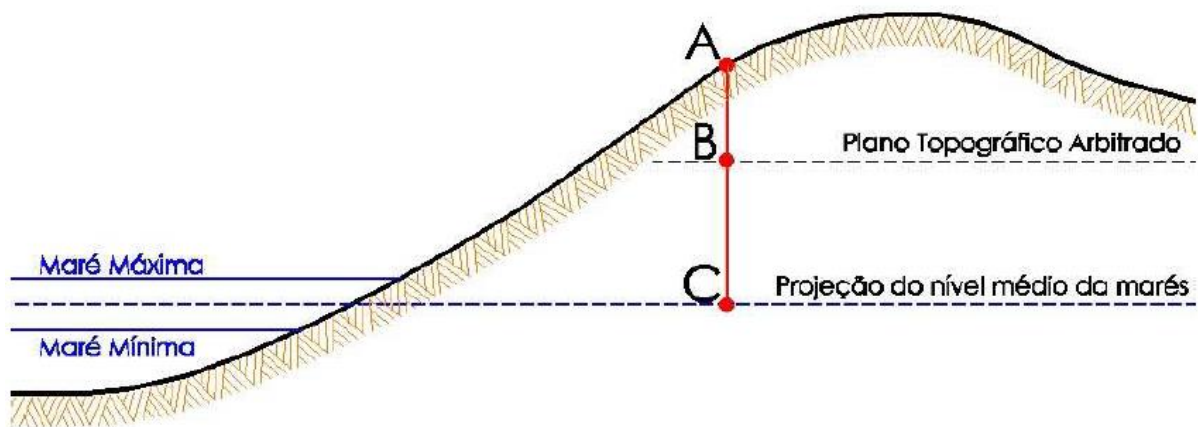


Figura1: Diferença entre cota e altitude

## 1.4. DATUM VERTICAL

*Datum* vertical é uma superfície de nível utilizada no referenciamento medições altimétricas. A superfície de referência pode ser uma qualquer para trabalhos isolados ou pode-se adotar uma superfície padrão para grandes áreas, como o Nível Médio dos Mares.

O *Datum* Vertical Oficial para todo o território brasileiro é uma RN materializada no porto de Imbituba/SC, com altitude obtida em função do marégrafo ali instalado. Um esquema simplificado do funcionamento de um marégrafo é apresentado ao lado.

A condição real do marégrafo localizado no porto de Imbituba, utilizado para determinar a superfície geoidal é ilustrada nas Figuras 1 e 2.

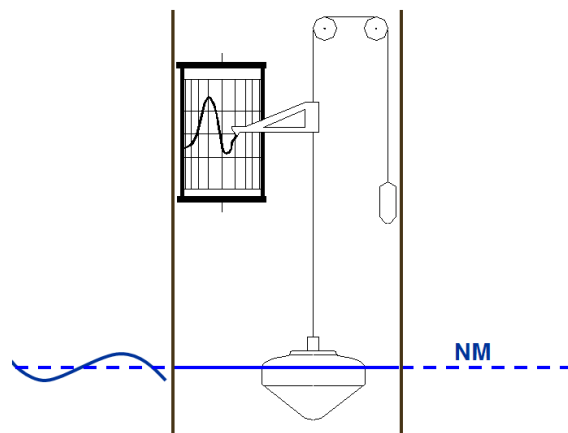


Ilustração: Desenho simplificado do registro das oscilação do marítimas

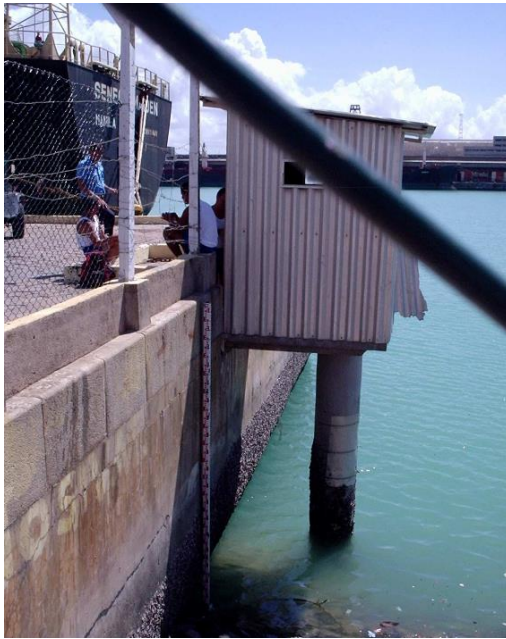


Figura 2 e 3: Detalhes do marégrafo de Imbituba

#### 1.4.1. PONTO DE SEGURANÇA (PS)

Pontos materializados em campo para controle do nivelamento topográfico. É bastante utilizado em nivelamentos longos, pois estabelece pontos intermediários para controle do trabalho.

#### 1.4.2. PONTO AUXILIAR

São os pontos executados em campo durante o nivelamento topográfico, e que não são materializados. Servem para apoio momentâneo durante a execução do nivelamento.

### 1.5. 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).

A Figura 3 é um exemplo de rede vertical, que de acordo com GEMAEL (1987) pode ser definida como um conjunto de pontos materializados no terreno (Referências de Nível - RN) e



identificados por uma coordenada. A altitude informada é determinada a partir de um ponto origem do *datum* vertical.

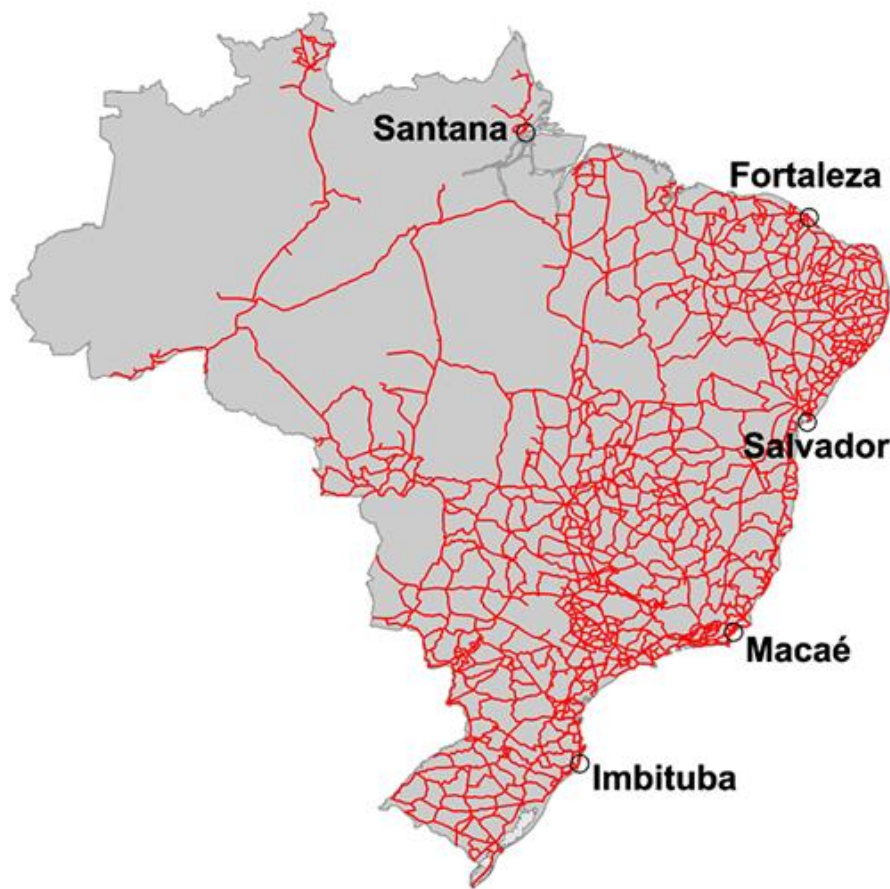


Figura 4 Rede altimétrica do Brasil e indicação das Estações Maregráficas

## 1.6. 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, conforme **indicado pela NBR 13133**.

## 1.7. NIVELAMENTO

Segundo Espartel (1987), os métodos de nivelamentos utilizados na determinação das diferenças de nível entre pontos são considerados levantamentos altimétricos. Um levantamento altimétrico, ou simplesmente nivelamento é a operação que determina as diferenças de nível ou distâncias verticais entre pontos do terreno.



Nestes trabalhos, o Levantamento realizado 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 13133).

O nivelamento pode ser realizado através de vários processos, dependendo da área (m<sup>2</sup>) envolvida e da finalidade/uso que se deseja para estas informações. O método escolhido está relacionado à precisão e necessidade do levantamento:

**Grandes áreas:** Realiza-se usualmente por fotogrametria, pois é mais viável economicamente e tal trabalho requer apenas precisão métrica ou sub-métrica. O nivelamento auxilia na elaboração de cartas com curvas de nível (representações dos pontos de mesma altitude através de linhas). Os levantamentos altimétricos por fotogrametria apresentam precisões para estudos preliminares e principalmente para a definição dos locais onde serão coletadas informações mais precisas.

**Áreas de médio porte:** Nestas áreas as curvas de nível e as altitudes dos pontos são obtidas utilizando-se a Estação Total ou GNSS (posicionamento via satélites). Com a estação total o método adotado é chamado Nivelamento Trigonométrico, pois as leituras realizadas são de ângulos e distâncias. Com o GNSS a altitude é medida a partir de posicionamento 3D que será visto na Unidade Curricular GNSS. A precisão em ambos os casos é na ordem 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.

## I. SEÇÃO DE NIVELAMENTO

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



## II. ÂNGULO VERTICAL

O ângulo vertical é o ângulo de inclinação da luneta considerando o eixo horizontal (rotação vertical) fornecido por equipamentos que permitem sua leitura: principalmente teodolitos e estações totais.

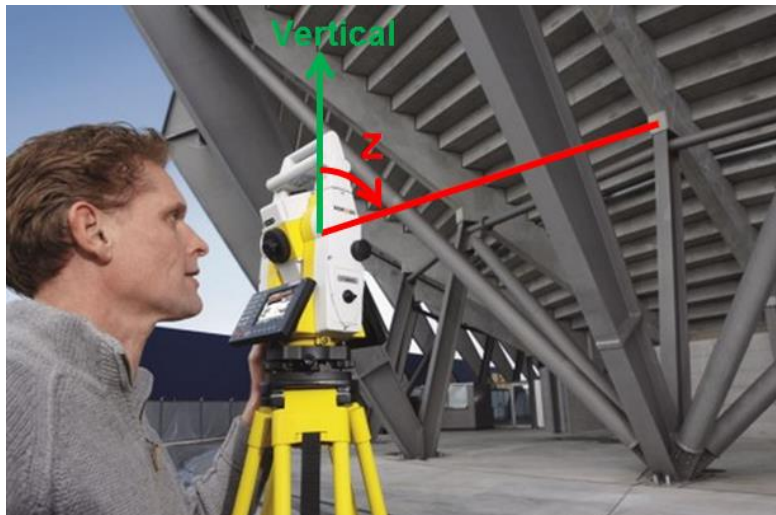


Figura 5 Adaptado de <http://www.a1surveyequipment.net/geomax-zoom-80r-robotic-total-station-289-p.asp>

Os ângulos verticais são caracterizados a partir da origem da medida (o  $0^{\circ}00'00''$  do limbo vertical do equipamento) .



## 2. EQUIPAMENTOS DE ALTIMETRIA

### 2.1. NÍVEL

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:

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:

- luneta;
- nível de bolha;
- sistemas de compensação (para equipamentos automáticos);
- dispositivos de calagem, conforme indicado na Figura 6.

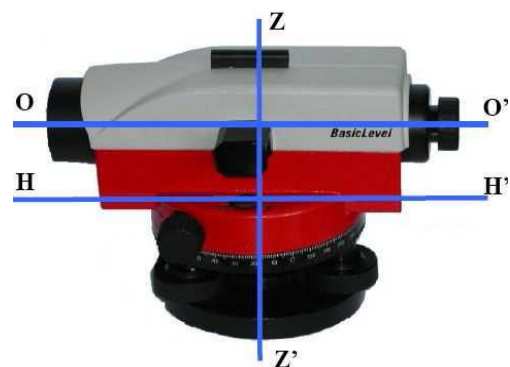


Ilustração: Eixos de um nível



Figura 6 Indicação de funcionalidade de um Nível ótico automático (Berger, modelo CST)



## TIPOS

Quanto ao funcionamento, os equipamentos podem ser classificados em laser, digital e ótico automático.

### 2.1.1. LASER

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.

#### I. CARACTERÍSTICAS:

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*. No caso do nível *laser* rotatório, este 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.



Ilustração: Nível laser

Esse detector consegue identificar por onde esse plano formado pelo laser está passando, podendo auxiliar na marcação de níveis de terrenos, nível da formas e espessura da laje durante a concretagem, nivelamento de fundações e diversas outras estruturas.

#### II. ACESSÓRIOS:

Normalmente nível laser vem acompanhado de tripé para sua sustentação, sensor de plano, para projetar as linhas de interesse e óculos para polarização. Um exemplo de conjunto é apresentado na ilustração.



Ilustração: Acessórios do Nível laser



### III. USO EM OBRAS DE EDIFICAÇÕES:

O nível laser é um nível que fornece uma linha constante normalmente usada como um eixo, utilizado para se marcar um linha reta sobre uma superfície, alinhamento de pontos, marcação de nível, esquadro e prumo a certa distância do objeto, alinhamento para máquinas de corte, alinhamento, prumo e esquadro de estruturas.



Figura 7: Disponível em <http://www.bosch-professional.com/br/pt/line-laser-gll-2-80-p-131496-0601063205.html>

#### 2.1.2. DIGITAL

##### I. CARACTERÍSTICAS:

Nos níveis digitais, a leitura na mira é efetuada automaticamente empregando miras em código de barra a partir de um sistema eletrônico de varredura e interpretação de padrões codificados.



Neste tipo de instrumento é possível registrar

automaticamente as distâncias horizontais e verticais.

Ilustração: Nível Digital – Leica, Modelo: DNA03

Os valores medidos podem ser armazenados internamente, descarregando os dados do trabalho junto a um computador. No próprio equipamento há um visor que além das diferenças de nível entre os pontos de medidos apresenta outras informações que podem ser relevantes para um trabalho altimétrico.

##### II. ACESSÓRIOS:



Para que se realize o nivelamento de forma adequada, é fundamental uma mira. Para os níveis digitais, as miras devem ser em código de barra para permitir a leitura automática pelo equipamento. Caso se utilize uma mira comum, a leitura deverá ser feita pelo operador, a partir da luneta, e os recursos e vantagens do nível digital passam a ser desprezadas.

Para manter a verticalidade da mira é indispensável o prumo ou nível esférico de cantoneira. Ele é utilizado para a verticalização da mira, com uma precisão melhor que 1º. Algumas miras já vêm com encaixes próprios para prumos esféricos de encaixe.

O tripé permite que o equipamento seja sustentado durante a realização dos trabalhos. Além disto, a sapata de nivelamento deve ser utilizada sempre que se executa transporte de altitude ou cota, devendo ter peso adequado à sua finalidade. As sapatas servem como suporte à mira e sua utilização é recomendada na NBR13133.

Especificamente em relação às miras, existem no mercado diversos modelos, a citar a mira comum (com marcações centimétrica) e a mira em código de barras (padrão binário). Quanto ao material, as miras podem ser de madeira, fibra de vidro, alumínio e ínvar.

**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 ínvar:** O ínvar 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 ínvar 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 se de encaixe (telescópica) ou mira de dobradiça. As miras de encaixe são mais leves e de fácil transporte.

A mira de dobradiça resiste à trabalhos mais intensos e têm a graduação do mesmo tamanho em toda a sua extensão, facilitando a leitura.



### 2.1.3. ÓTICO

#### I. CARACTERÍSTICAS:

Os níveis óticos 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.

#### II. ACESSÓRIOS:

Os níveis, independente do tipo, são utilizados na obtenção de distâncias verticais ou diferenças de nível e não medem ângulos.

Para que se realize o nivelamento de forma adequada, é fundamental uma mira, que pode ser comum (graduação centimétrica) ou em código de barra.

Além disto, a sapata de nivelamento deve ser utilizada sempre que se executa transporte de altitude ou cota, devendo ter peso adequado à sua finalidade. As sapatas servem como suporte à mira e sua utilização é recomendada na NBR13133.

Para manter sua verticalidade é indispensável o nível de cantoneira. O tripé permite que o equipamento seja sustentado durante a realização dos trabalhos.



Ilustração: Sapata de nivelamento



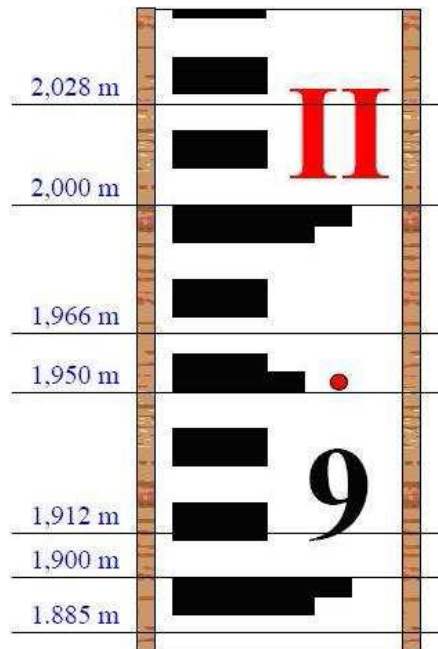
## 2.1.4. LEITURA DE MIRA

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 romanos (I, II, III) e/ou da observação do símbolo (círculos) acima dos números que indicam o decímetro. Um círculo significa que a leitura está no primeiro metro, dois círculos significam dois metros e assim sucessivamente.

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.



|         |         |
|---------|---------|
| ●       | 1 metro |
| ● ●     | 2       |
| ● ● ● ● | 3       |

Ilustração: Leitura de Mira

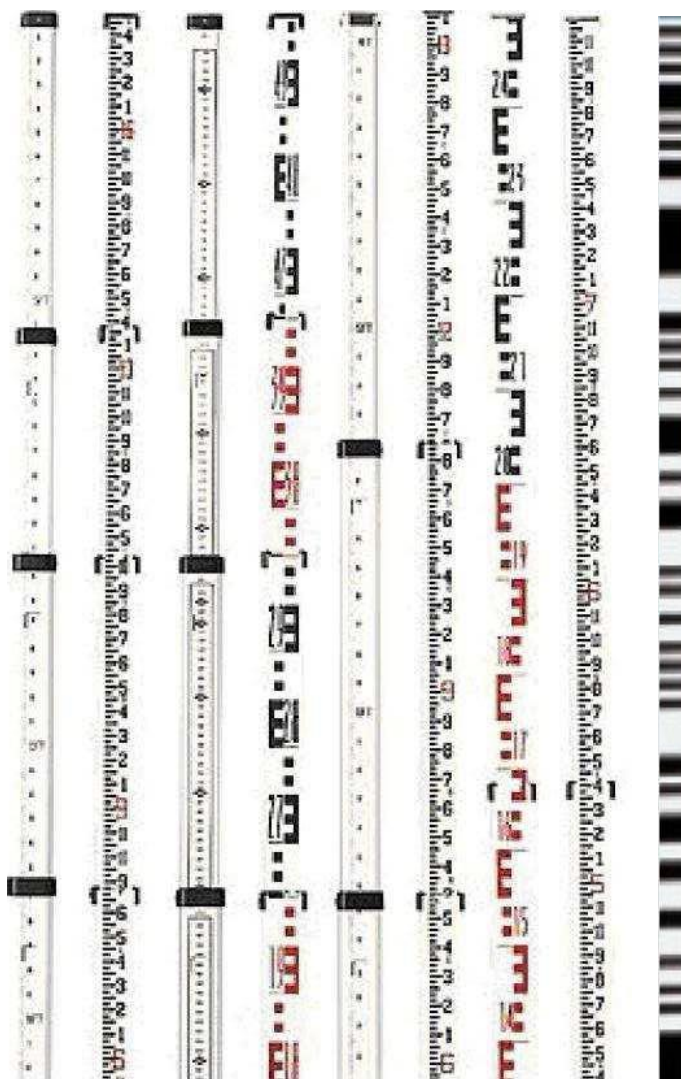


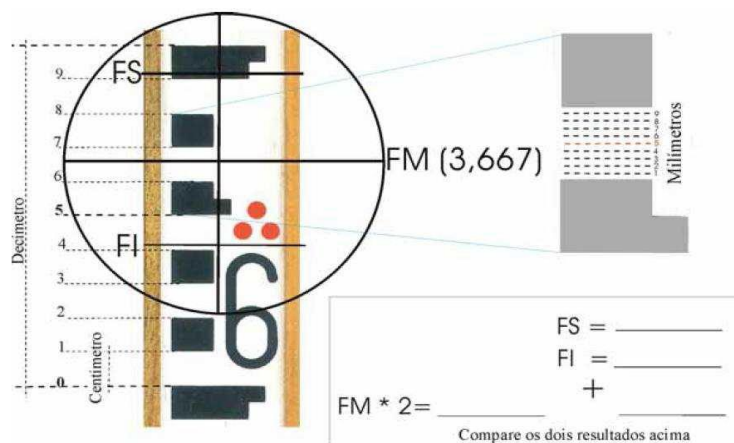
Ilustração: Diferentes tipos de mira



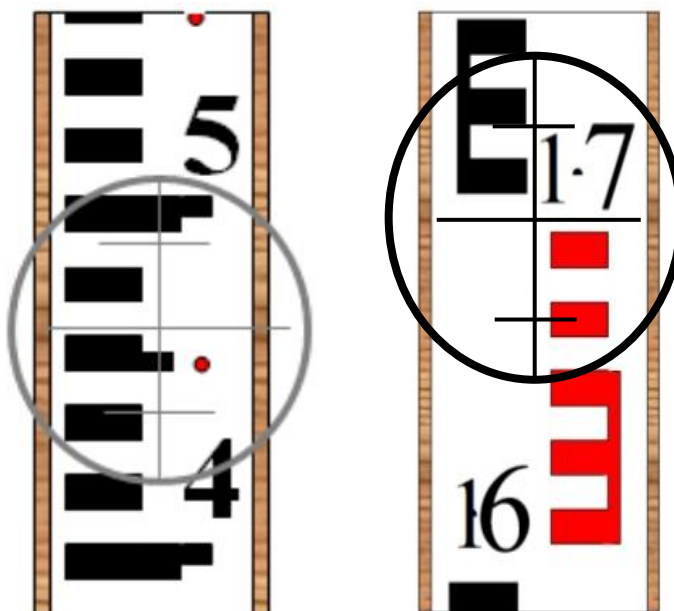
## 2.1.5. EXERCÍCIO DE LEITURA DE MIRA

Considerando as orientações contidas no item 2.1.4 da apostila, pratique a leitura de mira com os exercícios:

- 1) Faça a leitura para os fios superior e inferior e compare com a leitura indicada para o fio médio, conforme indica a figura:



- 2) Considere as miras, identifique os fios: superior, médio e inferior e faça a leitura correspondente:



Resposta: \_\_\_\_\_ m

Resposta: \_\_\_\_\_ m



## 2.1.6. CLASSIFICAÇÃO ABNT

Conforme orientação da NBR 13133, os níveis são classificados segundo desvio-padrão em função do perímetro percorrido (normalmente em 1km de duplo nivelamento). As classes e seus empregos são relacionados a seguir:

a) Classe 1 - 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) Classe 2 - Níveis de precisão média: ( $\leq \pm 10$  mm/km)

Emprego: Construção civil, nivelamento de linhas; perfis longitudinais e seções transversais; nivelamento de áreas.

c) Classe 3 - 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) Classe 4 - 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, mecânica de precisão e controle do movimento vertical da crosta terrestre.

## 2.1.6 ERROS DE OPERAÇÃO

### I. GROSSEIROS

Má focalização do instrumento

A má focalização do instrumento, isto é, a falta de coincidência dos planos de imagem e dos fios stadimétricos 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 stadimétricos) 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 objeto 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.

#### 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°.

## II. SISTEMÁTICOS

#### 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 àquelas 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.



### **III. ACIDENTAIS**

#### **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 stadimétricos, 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.

## **2.2. TEODOLITO**

O nivelamento com teodolito baseia-se na leitura de ângulos verticais e nas relações trigonométricas para determinação da diferença altimétrica. Para conhecer as cotas, além dos ângulos verticais do ponto de estação ao ponto de interesse, outras informações relevantes devem ser conhecidas também, a citar, altura do instrumento, distância do ponto de estação e do ponto de interesse (medidos com trena).

## **2.3. ESTAÇÃO TOTAL**

Da mesma maneira que o teodolito permite que se faça a leitura de ângulos verticais – de interesse para determinação de cotas ou altitudes – a Estação Total também executa essa leitura, e de posse destas e de outras informações coletadas em campo, é possível aplicar as relações trigonométricas e então conhecer o desnível de interesse. Por se tratar de uma Estação Total, algumas medidas fundamentais para aplicação trigonométrica podem ser obtidas eletronicamente, com o uso de um bastão com prisma no ponto de interesse, por exemplo.

## 2.4. GNSS

O posicionamento por satélites permite o cálculo das coordenadas planas e também da altitude de um ponto a partir de um referencial (superfície específica utilizada pelos sistemas de posicionamento altimétrico - altitude elipsoidal) que não é o *Datum* Vertical de Imbituba (ao nível do mar) e tampouco um *Datum* arbitrário.

Existem detalhes específicos sobre este assunto que serão tratados na Unidade Curricular Geodésia e outros na Unidade Curricular GNSS. Para um entendimento mais aprofundado do Sistema de Posicionamento Global sugere-se consulta à apostila elaborada pelos Profs. Rovane Marcos de França, Adolfo Lino de Araújo e Flavio Boscatto, de onde foram extraídas as informações apresentadas. Link da apostila: [http://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/agrimensura/files/2017/02/GEODESIA\\_APOSTILA\\_2017\\_09\\_fev.pdf](http://sites.florianopolis.ifsc.edu.br/agrimensura/files/2017/02/GEODESIA_APOSTILA_2017_09_fev.pdf)

## 2.5. BARÔMETRO

O nivelamento barométrico consiste na determinação da altitude de um ponto através da medição da pressão atmosférica. Realizado com a utilização de barômetros de cuba ou metálicos que indicam a pressão atmosférica nos pontos a serem levantados. Baseia-se na relação inversamente proporcional entre pressão atmosférica e altitude através da diferença entre os valores de pressão medidos entre pontos distintos. Quanto maior for a altitude de um ponto, menor será a pressão atmosférica. Possui 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, pois sua precisão é de alguns metros quando medido num mesmo instante, piorando muito quando o tempo entre as medições aumenta. Para a obtenção de resultados mais precisos, exigidos pelas normas topográficas, este método de obtenção de altitudes não deve ser utilizado.

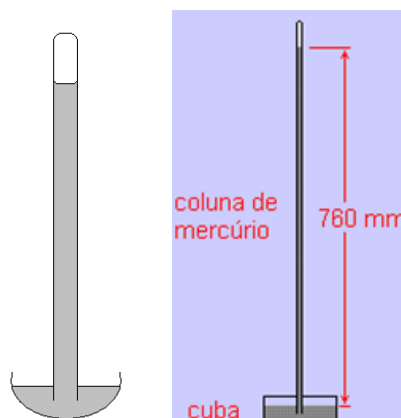


Ilustração: Coluna de Mercúrio

**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 mmHg = 1,33 hPa

1 hPa = 1 mbar = 0,75mmHg

**Barômetro Aneróide** - Inventado em 1843, 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.

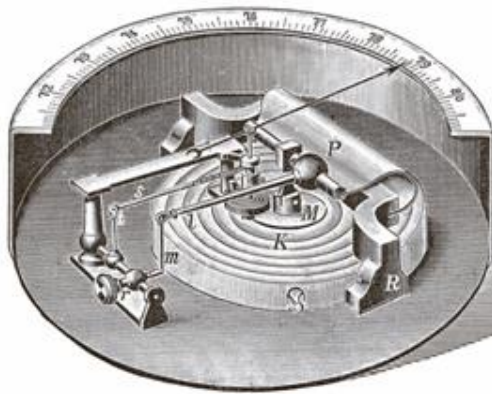


Ilustração: Barômetros Aneróides

## 2.6. 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 possa 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.

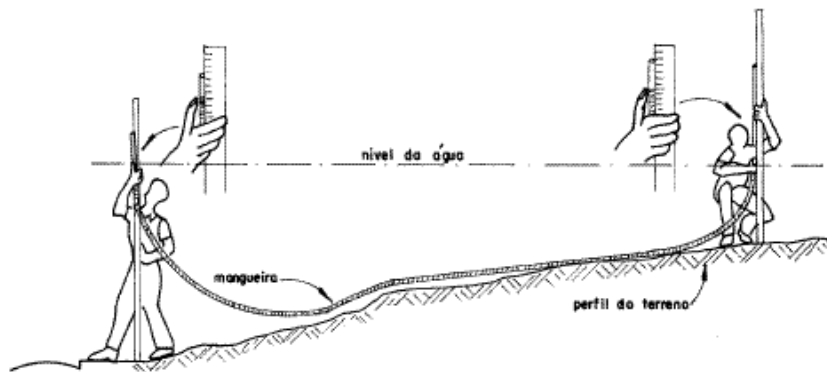


Ilustração: Execução de nivelamento com mangueira

Cuidados a serem tomados na utilização do nível de mangueira:

- eliminação de qualquer bolha de ar dentro da mangueira;
- deve ser fabricada em material transparente de pequeno diâmetro para obter maior sensibilidade;
- a parede deve ser espessa para evitar dobras.



### 3. MEDIÇÃO ANGULAR VERTICAL

#### 3.1. TIPOS DE ÂNGULOS

##### 3.1.1. ZENITAL

Sendo o zero do limbo na direção da **vertical do lugar**, do Zênite, este equipamento mede ângulos chamados zenitais, conforme a figura 8. Atualmente, este modelo é o mais utilizado pelos fabricantes.

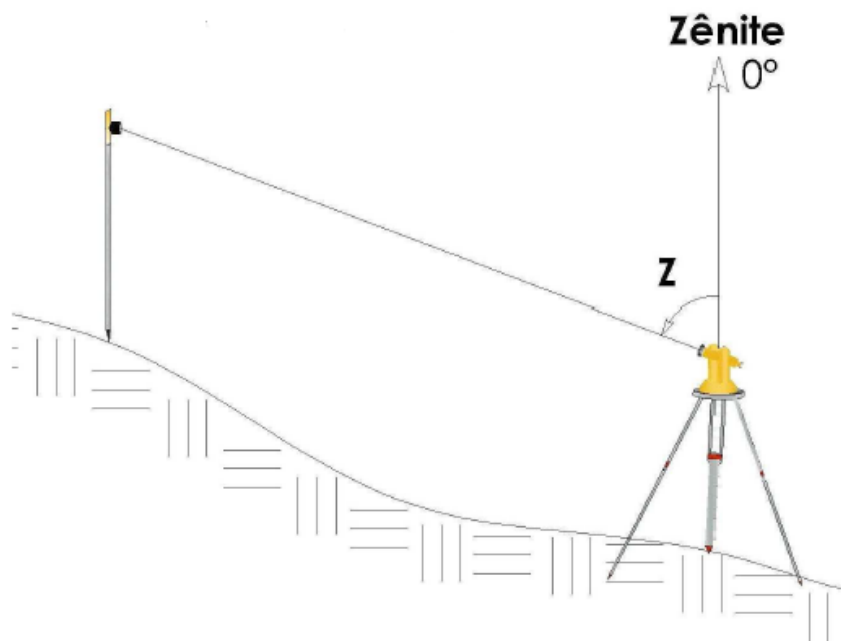


Figura 8 Ilustração do ângulo zenital – 00°00'00" partindo do zênite



### 3.1.2. NADIRAL

Sendo o zero do limbo na direção do centro da Terra, o Nadir, este equipamento mede ângulos chamados Nadirais (Figura 9). São raros os equipamentos deste tipo, sendo este tipo de ângulo pouco utilizado.

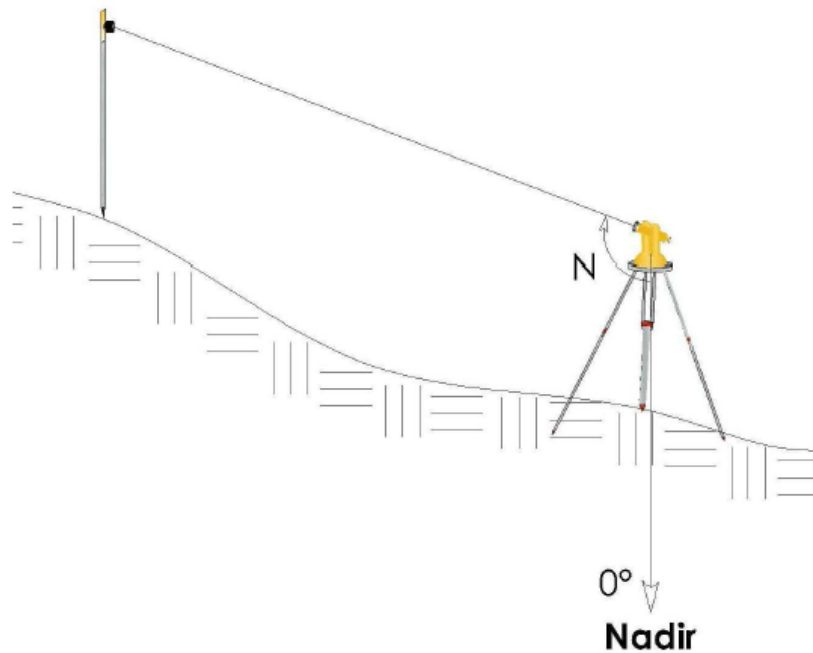


Figura 9 Ilustração do ângulo nadiral – 00°00'00" partindo do nadir

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



### 3.1.3. INCLINAÇÃO

Sendo o zero do limbo na direção do plano **horizontal do lugar**, o equipamento mede ângulos chamados horizontais, conforme figura 10. **Inclinação se refere ao ângulo de inclinação formado a partir do plano horizontal.**

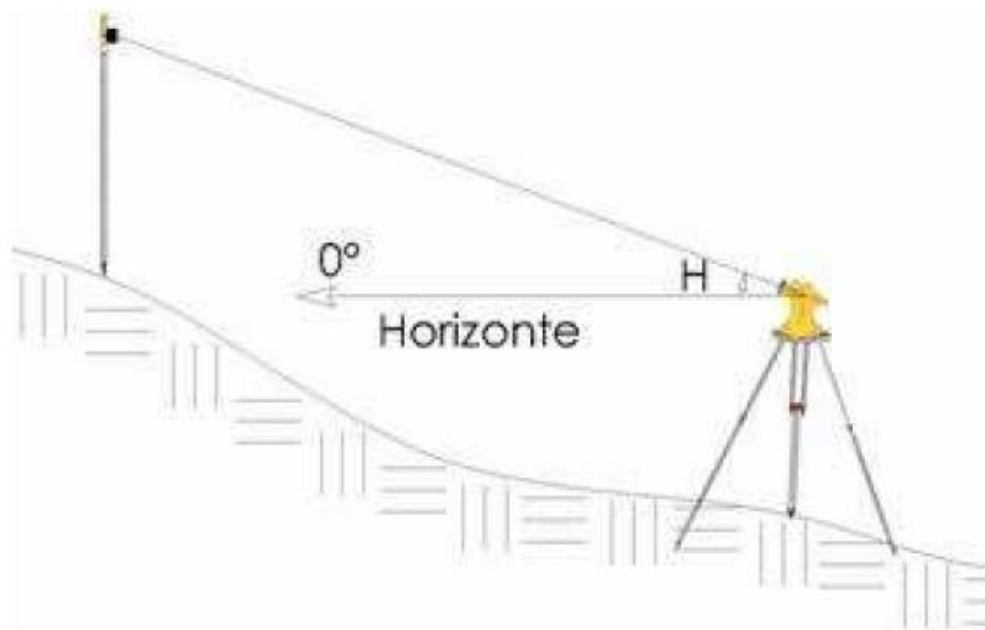


Figura 10 Ilustração do ângulo vertical onde a partida (00°00'00") tem origem no horizonte.

## 3.2. MEDIÇÕES EM CAMPO

### 3.2.1. TEODOLITO/ESTAÇÃO TOTAL

Da mesma maneira que o teodolito permite que se faça a leitura de ângulos verticais – de interesse para determinação de cotas ou altitudes – a Estação Total também executa essa leitura. A luneta dos equipamentos possui um eixo horizontal que permite sua movimentação no sentido vertical, e a partir do limbo graduado, a leitura angular pode ser lida. É importante observar a origem da leitura (partida 0°00'00").



### 3.2.2. CLINÔMETRO MECÂNICO

Um clinômetro (também chamado declinômetro) é um instrumento que mede a inclinação vertical, normalmente o ângulo entre o solo ou observador e um objeto alto, como uma árvore ou edifício (ângulo de elevação), mas pode ser usado de um ponto alto a um ponto baixo (ângulo de depressão ou declinação).

Quanto mais próximo ao objeto (de forma a olhar para cima), será formado um ângulo muito fechado, e o cálculo poderá se aproximar a  $90^\circ$ , mas jamais ultrapassar essa marca, pois  $90^\circ$  representa uma vertical plena.

Para trabalhos com maior nível de precisão, deve-se buscar clinômetro eletrônicos que podem indicar as variações angulares de maneira mais sensível.

Se o solo na base do objeto avistado lhe percebe em um nível diferente do que aquele sobre o qual você realmente está, ou se o objeto avistado estiver inclinado, você não conseguirá uma medida precisa sem ajustar os seus cálculos de acordo.



Ilustração: Clinômetro mecânico

### 3.2.3. INCLINÔMETRO DIGITAL

O inclinômetro digital mede ângulos verticais e por isso tem a mesma função de um clinômetro. A função digital torna a leitura mais fácil com menos possibilidade de erro grosseiro em função de sua utilização.



Ilustração: Clinômetro digital

## 4. NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

### 4.1. CONCEITO

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.

Este tipo de nivelamento se diferencia dos demais pois está baseado na leitura das miras, não envolvendo ângulos.

Utilizado para determinação das diferenças de cotas dos pontos de um terreno, nivelamento de poligonais, transporte de cotas e altitudes a partir das leituras de ré e vante utilizando Níveis Ótico Automático, Digital ou a Laser. O método alcança precisão milimétrica.

O instrumento deve ser estacionado a meia distância entre os pontos (ré e vante) dentro ou fora do alinhamento a medir.

Se o instrumento ficar equidistante 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.

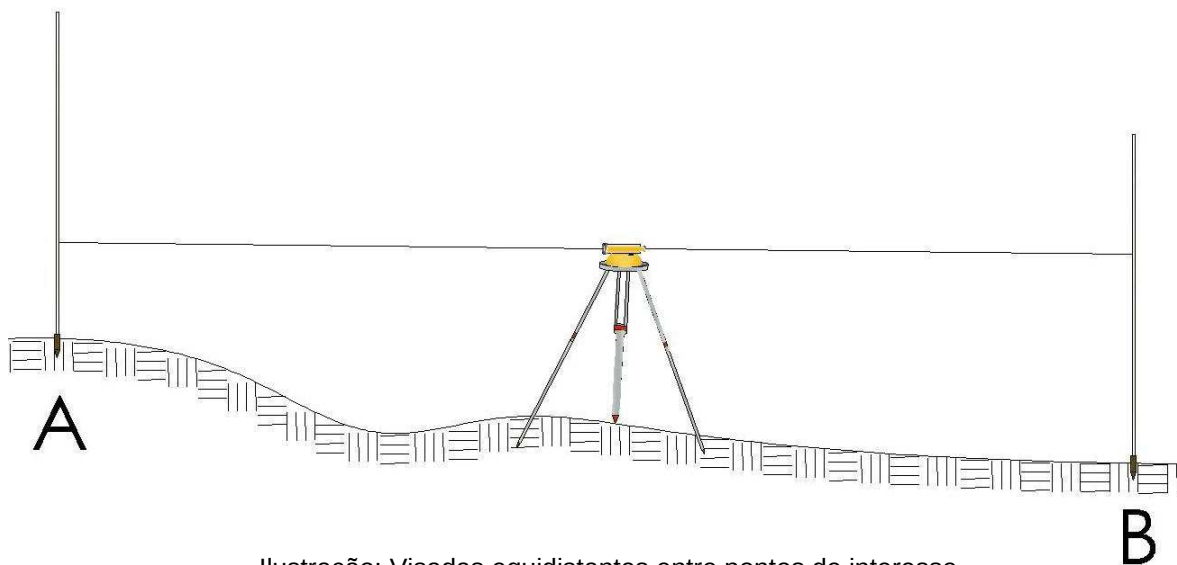


Ilustração: Visadas equidistantes entre pontos de interesse

Nos trabalhos de nivelamento se o desnível calculado for positivo, o terreno está em aclave, se for negativo significa dizer que o terreno está em declive.



O desnível total entre os pontos extremos do nivelamento poderá ser dado pelo somatório dos desníveis parciais.

## **4.2. TIPOS DE LEITURA**

Comumente os níveis possuem fios estadimétricos (traços horizontais) projetados na lente do equipamento que formam três alturas de leitura. O primeiro fio é chamado Fio Superior, e o último chama-se Fio Inferior. O fio intermediário é chamado Fio Médio e será muito utilizado nos trabalhos de nivelamento.

Para os trabalhos de nivelamento, dependendo do equipamento, o processo pode se diferenciar, bem como o tipo de mira poderá mudar. Nos níveis digitais a leitura é feita com mira com código de barras e o operador apenas aponta o equipamento na sua direção. Nos níveis óticos o operador é responsável por extrair a leitura da mira, que deve ser convencional.

## **4.3. INSTRUMENTOS**

Para o nivelamento geométrico o instrumento utilizado é o nível, que pode ser ótico, digital ou a laser, sempre acompanhado da mira, que deve ser graduada ou em código de barras. Para realização dos trabalhos, outros acessórios são fundamentais, a citar: tripé, nível de cantoneira e sapata, nos casos de transporte de cotas.

## **4.4. CROQUI**

Para cada nivelamento realizado é fundamental elaborar croqui indicando os pontos medidos, suas rés e suas leituras de vante de maneira clara e concisa para que se consiga entender o desenvolvimento do campo realizado. As orientações da unidade curricular de Desenho Técnico devem constar em todos os croquis elaborados.

## **4.5. ANOTAÇÕES DE CAMPO**

As anotações de campo devem ser realizadas em planilha própria e de maneira inequívoca e clara. Os dados devem ser cuidadosamente preenchidos de acordo com as leituras, prestando atenção nas unidades de medidas.



Disciplina: Topografia II

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**NIVELAMENTO GEOMÉTRICO**

Local: \_\_\_\_\_

Equipe: \_\_\_\_\_

Instrumentos: \_\_\_\_\_

Cálculo de cota por: \_\_\_\_\_ Folha: \_\_\_\_ de \_\_\_\_

| Operador | Estação | Ponto | Leitura |       | Altura do Plano de Visada | Cota | Observação |
|----------|---------|-------|---------|-------|---------------------------|------|------------|
|          |         |       | RÉ      | VANTE |                           |      |            |
|          |         |       |         |       |                           |      |            |
|          |         |       |         |       |                           |      |            |
|          |         |       |         |       |                           |      |            |
|          |         |       |         |       |                           |      |            |
|          |         |       |         |       |                           |      |            |

Alguns itens das planilhas são fundamentais (equipe, instrumentos, data etc). Alguns seguem detalhados:

**4.5.1. EQUIPE**

Toda a planilha deve indicar a equipe responsável pelo trabalho de campo. Há um espaço pré-determinado para inclusão da equipe.

**4.5.2. INSTRUMENTOS**

Antes de começar os trabalhos, a equipe deve checar seus instrumentos e localizar seu número de série. Essa identificação é de suma importância principalmente para os equipamentos que possuem memória, porém, deve-se manter a prática para qualquer instrumento.

**4.5.3. INFORMAÇÕES ADICIONAIS**

Normalmente nas planilhas de campo existem colunas específicas e outras chamadas observações ou descrições. Neste campo é possível inserir informações relevantes sobre o ponto lido/medido na linha relacionada a esta medida. As informações podem indicar o tipo de marcação do ponto, ou particularidade de uma ou mais medições.



#### **4.5.4. MEDIÇÕES**

No campo de medição são anotados os valores obtidos em campo, prezando pela caligrafia técnica e cuidando na transcrição dos valores medidos para a planilha. Qualquer descuido na anotação caracteriza erro grosseiro que torna falho o trabalho.

#### **4.6. PROCEDIMENTOS**

Partindo da seleção dos instrumentos e acessórios necessários para a realização dos trabalhos que envolvem o nivelamento, o passo seguinte é determinar os pontos de interesse dentro da área estabelecida. Considerando que o nivelamento é um levantamento altimétrico, deve-se medir todos os pontos que se apresentem relevantes, ou seja, os pontos com maior diferença em relação ao todo. Quanto maior o número de pontos, prestando atenção para a distribuição uniforme e para escolha orientada aos pontos (relevantes), mais fiel à realidade será o trabalho. De maneira sistemática, as atividades de campo podem seguir a sequência:

1. Reconhecimento dos pontos a serem nivelados;
2. Confeção do croqui;
3. Instalação do equipamento orientando-o em relação aos pontos a serem nivelados considerando a posição daré;
4. Verticalização da mira no ponto na ré (de cota conhecida ou RN);
5. Verticalização da mira nos pontos a serem nivelados;
6. Leitura e anotação da mira.

#### **4.7. CÁLCULOS**

Os cálculos relacionados aos trabalhos de nivelamento se devem basicamente para determinação das cotas a partir das leituras obtidas em campo.

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, de acordo com a ilustração).

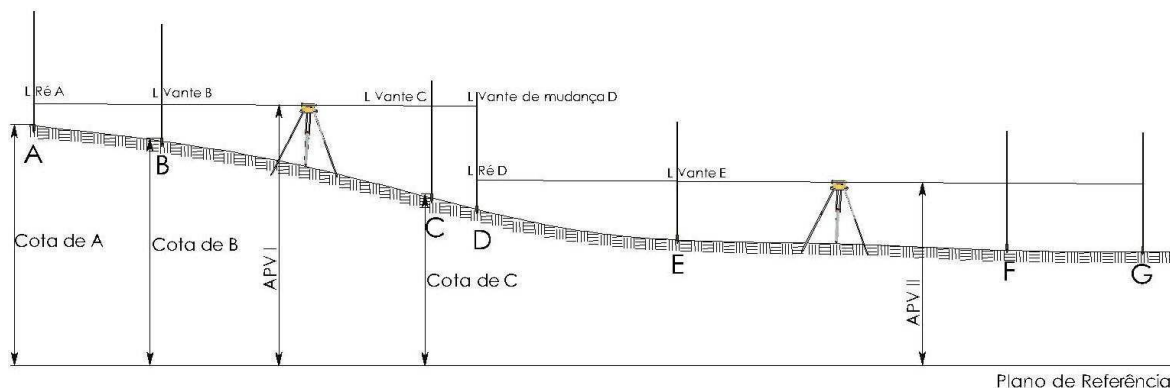


Ilustração: Visadas equidistantes entre pontos de interesse

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.

$$APV = \text{Cota RN} + \text{Leitura de Ré RN} \rightarrow APV (I) = \text{Cota A} + \text{Leitura de Ré A}$$

**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:

$$\text{Cota B} = APV - \text{Leitura de Vante B} \rightarrow \text{Cota B} = APV (I) - \text{Leitura Vante B}$$

**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.**

$$\text{Cota C} = APV (I) - \text{Leitura de Vante C}; \text{Cota D} = APV (I) - \text{Leitura Vante D}$$

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, 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.

$$APV (II) = \text{Cota de D} + \text{Leitura de Ré D}$$



**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".

$$CE = APVII - VE$$

$$CF = APVII - VF$$

$$CG = APVII - VG$$

## **4.8. APLICAÇÃO DE PLANILHA ELETRÔNICA**

O trabalho de calcular as cotas pode ser realizado por meio de planilha eletrônica previamente criada para, a partir dos dados de entrada, apresentar os resultados finais. A elaboração da planilha eletrônica deve ser orientada pelo raciocínio matemático padrão de cálculo de cota.

## **5. NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO**

### **5.1. 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 é utilizado para geração 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. O método alcança precisão na ordem do centímetro.

### **5.2. INSTRUMENTOS**

Na execução de nivelamentos trigonométricos é necessário um instrumento para a medição de ângulos (principalmente teodolito ou estações totais) 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.

### 5.3. CROQUI

Para cada nivelamento realizado é fundamental elaborar croqui indicando os pontos medidos maneira clara e concisa para que se consiga entender o desenvolvimento do campo realizado. As orientações da unidade curricular de Desenho Técnico devem constar em todos os croquis elaborados.

### 5.4. ANOTAÇÕES DE CAMPO

As anotações de campo devem ser realizadas em planilha própria e de maneira inequívoca e clara. Os dados devem ser cuidadosamente preenchidos de acordo com as leituras, prestando atenção nas unidades de medidas.

Disciplina: Topografia II

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

#### NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO

Local: \_\_\_\_\_

Equipe: \_\_\_\_\_

Equipamentos: \_\_\_\_\_ Folha: \_\_\_\_ de \_\_\_\_

| Estação | Altura do Instrumento | Ponto visado | Altura do sinal (leitura mira) | Ângulo Zenital (Z) | Distância horizontal | Desnível |
|---------|-----------------------|--------------|--------------------------------|--------------------|----------------------|----------|
|         |                       |              |                                |                    |                      |          |
|         |                       |              |                                |                    |                      |          |
|         |                       |              |                                |                    |                      |          |
|         |                       |              |                                |                    |                      |          |
|         |                       |              |                                |                    |                      |          |



Alguns itens das planilhas são fundamentais (equipe, instrumentos, data etc). Alguns seguem detalhados:

### **5.4.1. EQUIPE**

Toda a planilha deve indicar a equipe responsável pelo trabalho de campo. Há um espaço pré-determinado para inclusão da equipe.

### **5.4.2. INSTRUMENTOS**

Antes de começar os trabalhos, a equipe deve checar seus instrumentos e localizar seu número de série. Essa identificação é de suma importância principalmente para os equipamentos que possuem memória, porém, deve-se manter a prática para qualquer instrumento.

### **5.4.3. INFORMAÇÕES ADICIONAIS**

Normalmente nas planilhas de campo existem colunas específicas e outras chamadas observações ou descrições. Neste campo é possível inserir informações relevantes sobre o ponto lido/medido na linha relacionada a esta medida. As informações podem indicar o tipo de marcação do ponto, ou particularidade de uma ou mais medições.

### **5.4.4. MEDIÇÕES**

No campo de medição são anotados os valores obtidos em campo, prezando pela caligrafia técnica e cuidando na transcrição dos valores medidos para a planilha. Qualquer descuido na anotação caracteriza erro grosseiro que torna falho o trabalho.

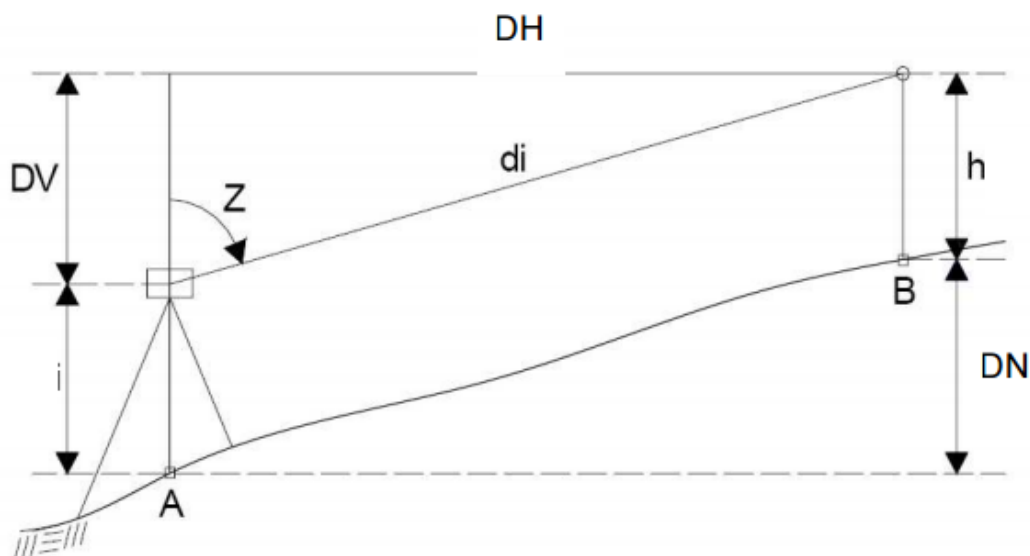
## **5.5. PROCEDIMENTOS**

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;



## 5.6. CÁLCULOS

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 ( $H_B - H_A$ ) ou  $DN = H_{\text{pto visado}} - \text{Hestação}$ ;

DV – distância vertical;

DH – distância horizontal;

Di – distância inclinada;

i – altura do instrumento;

h – altura do sinal (mira, prisma)

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

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

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

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

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



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

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:

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



### Referências

- 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.

### Resposta exercícios

- 1) Leitura Fio Inferior 3,642 m / Leitura Fio Superior 3,692  
Fio médio  $x_2 = 7,334$  / Fio Inferior + Fio Superior = 7,334
- 2) 1,462 e 1,704