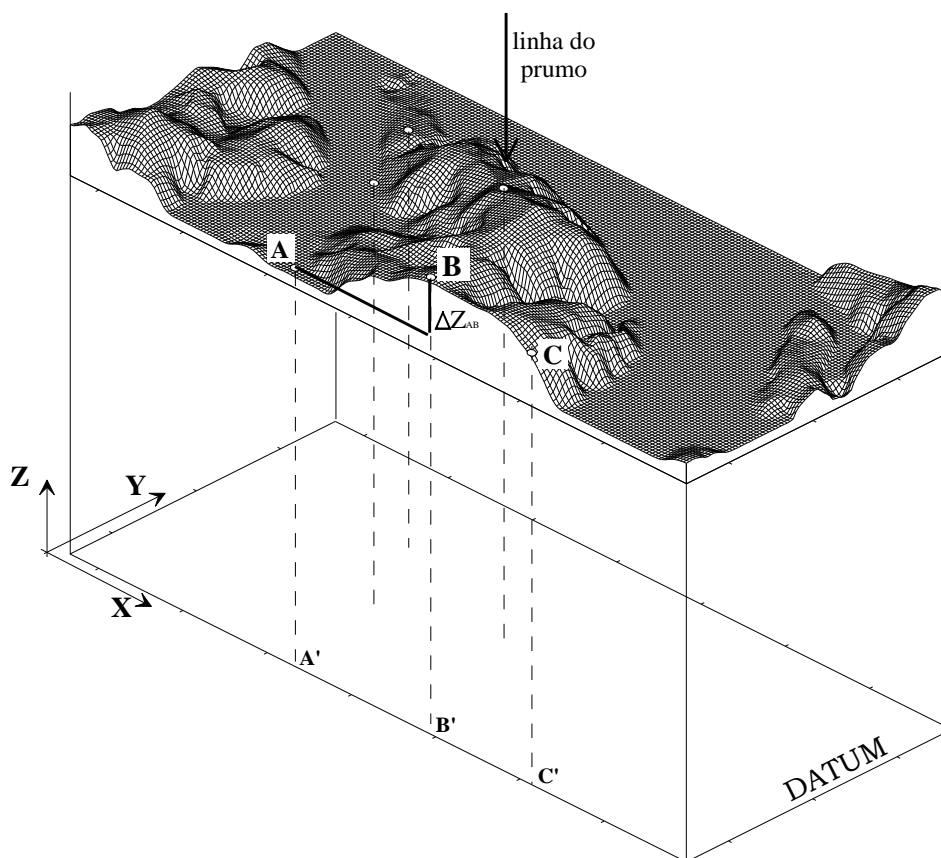


VI – LEVANTAMENTOS ALTIMÉTRICOS

Diego Alfonso Erba
Maurício Roberto Veronez
Adriane Brill Thum

O desenvolvimento de projetos de engenharia inicia com o estudo detalhado da área onde a obra será implantada. Assim, o profissional precisa conhecer, além da posição de cada um dos elementos existentes sobre a superfície do terreno, as variações que o relevo apresenta. Somente a partir da interpretação correta do relevo é possível compreender como se movimentam as águas na superfície terrestre e, conseqüentemente, quais serão as intervenções que necessariamente deverão ser feitas para implantar a obra.

Como foi visto no Capítulo I, a área da Topografia que se ocupa de estudar e desenvolver métodos e instrumentos destinados a determinar distâncias verticais entre pontos topográficos é a Altimetria. As distâncias verticais são obtidas em relação a uma superfície de referência denominada datum, a qual pode assumir diferentes formas. Como vemos na Figura 6.1, para compreender as variações do relevo, é suficiente conhecer as diferenças de nível (ΔZ) existentes entre os pontos topográficos que compõem a área levantada,



as quais independem da posição do datum.

Figura 6.1

6.1 - Superfícies de referência

A superfície utilizada para referenciar as diferenças de nível pode ser plana ou curva e a escolha depende do tamanho da área levantada. A Figura 6.2 mostra que, quando os pontos de interesse (A e B) se encontram próximos, a distância vertical que existe entre eles pode ser medida tomando como referência o datum curvo ou o datum plano, sem que existam diferenças significativas nos valores obtidos.

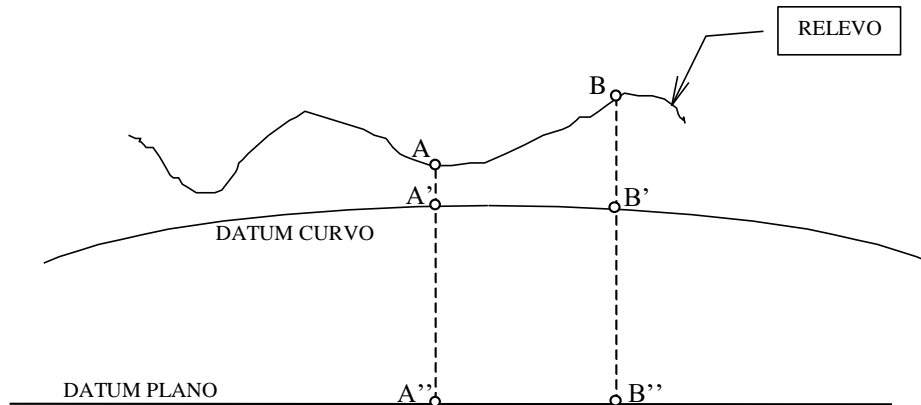


Figura 6.2

Assim, apesar da curvatura que apresenta a superfície terrestre, ao trabalhar em áreas que se encontram dentro dos limites aceitos pela Topografia, é possível adotar um plano horizontal (datum plano) como referência, sem que essa simplificação influencie negativamente o levantamento. O plano horizontal utilizado como referência será sempre perpendicular à linha vertical definida pelo fio do prumo, colocado, aproximadamente, no centro da área levantada (Figura 6.1). Sendo que essa direção é diferente ao longo do nosso planeta, recebe o nome de vertical do lugar em cada ponto em que é determinada. Na linguagem topográfica, ao adotar um plano horizontal como referência para o levantamento altimétrico, as distâncias verticais existentes entre esse plano e o ponto em questão denominam-se cotas (como a cota do ponto A (C_A) da Figura 6.3).

Ao trabalhar em grandes áreas, a curvatura terrestre começa a fazer sentir sua influência e o datum plano deixa de ser apropriado. Na Figura 6.3, vemos que, se fosse adotado um plano como referência de nível, a cota do ponto B seria menor do que a cota do ponto A. Isto poderia acarretar um erro de interpretação: por exemplo, se chovesse nessa área, a água se deslocaria de A para B, que, evidentemente, não é verdadeiro. Esse erro seria decorrente da adoção equivocada da superfície de referência.

Em casos como esse, é necessário utilizar como superfície de referência o Geóide. Somente assim a distância vertical entre os pontos A e B é verdadeira e representa o relevo na sua verdadeira magnitude. As distâncias verticais entre os pontos topográficos, medidas em relação ao Geóide, denominam-se altitudes (como a altitude do ponto A (H_A) da Figura 6.3).

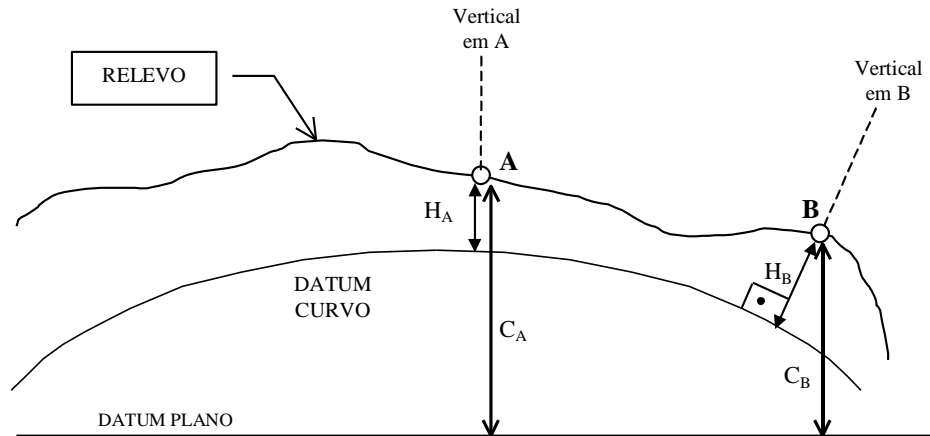


Figura 6.3

Independentemente da superfície de referência que se adote, os levantamentos altimétricos se realizam sempre a partir de um ponto RN, o qual recebe essa denominação por ser considerado referência de nível. A cota e/ou altitude do RN é sempre conhecida devido a um dos seguintes motivos: foi determinada por algum dos órgãos encarregados de executar o mapeamento oficial do país ou por algum profissional responsável pelo levantamento. Neste último caso, ao arbitrar uma cota ao ponto RN, o profissional está a definir a posição do plano datum. A Figura 6.4 mostra a situação quando a cota do RN foi arbitrada em 100m.

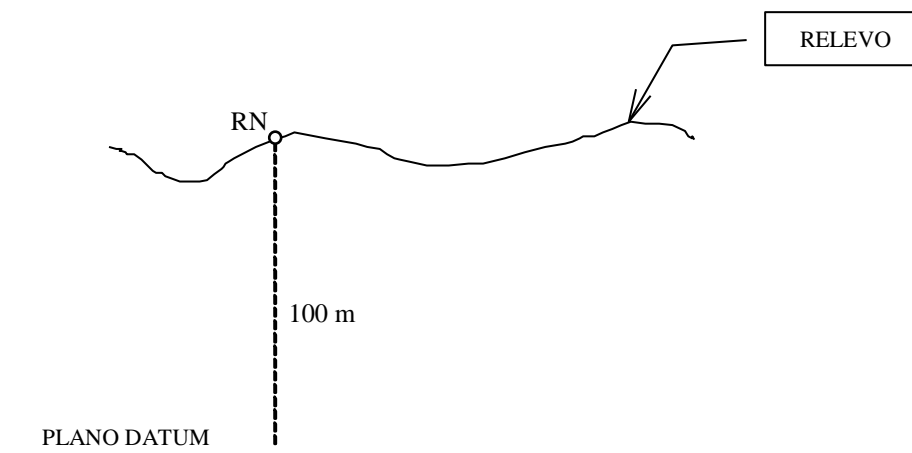


Figura 6.4

6.2 - Nivelamentos

Todo levantamento topográfico altimétrico que tenha como objetivo determinar as distâncias verticais dos pontos topográficos relativas a uma superfície de referência, pressupondo conhecidas as posições planimétricas dos mesmos, denomina-se nivelamento. Existem vários métodos que permitem efetuar nivelamentos, com particularidades no que se refere ao uso de instrumentos específicos e na obtenção de precisões.

Na construção civil, é usual utilizar uma mangueira transparente com água para a locação de pequenas obras e determinação de diferenças de nível entre pontos muito próximos. Uma linha em nível (horizontal) pode ser conseguida com o princípio hidrostático dos vasos comunicantes.

Existe também o Nivelamento Barométrico (praticamente em desuso para tarefas de Topografia), que se baseia no seguinte princípio físico: quanto maior a altitude, menor a pressão. Assim, de posse de um aparelho que meça essas diferenças de pressão (barômetro), é possível quantificar as diferenças de nível.

Porém a maior parte dos levantamentos topográficos altimétricos exige uma precisão mais apurada das obtidas com os equipamentos antes mencionados. Assim, foram desenvolvidos instrumentos especiais com o intuito de melhorar a precisão das medições de cotas e altitudes.

Os métodos mais utilizados nos levantamentos altimétricos são classificados em: Nivelamento Geométrico e Nivelamento Trigonométrico. Existe também o nivelamento realizado com GPS, o qual não será abordado neste contexto.

6.2.1 - Nivelamento Geométrico

A NBR 13.133 define Nivelamento Geométrico (ou Direto) como aquele que realiza a medida da diferença de nível entre pontos topográficos por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos. O Nivelamento Geométrico pode ser simples ou composto, sendo que este último pode ainda ser aberto ou fechado.

A Figura 6.5 representa a situação de campo de um Nivelamento Geométrico Simples - NGS, o qual se caracteriza por uma única estação do nível.

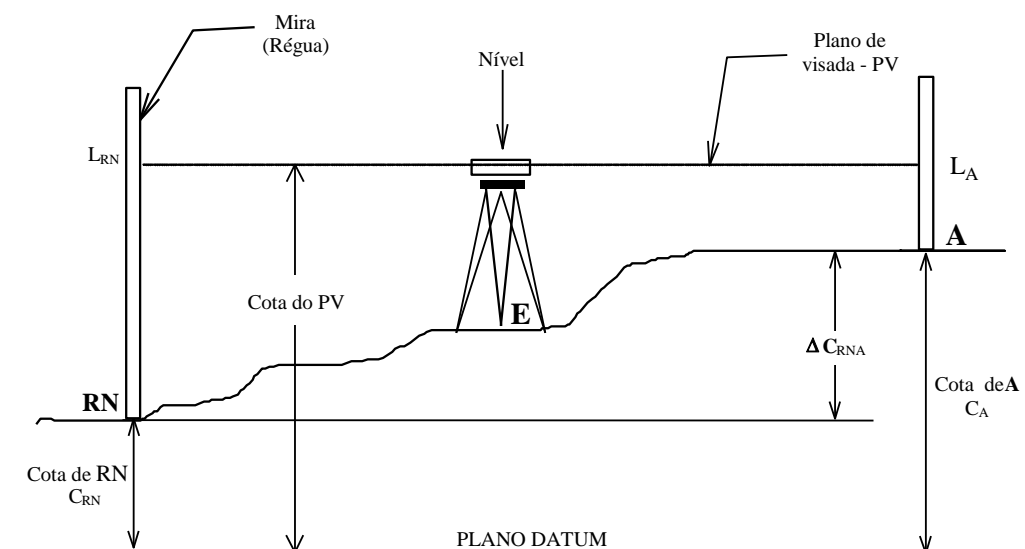


Figura 6.5

Pela própria definição de diferença de cotas entre dois pontos, resulta:

$$\Delta C_{RNA} = C_A - C_{RN} \quad [6.1]$$

Ao analisar a Figura 6.5, percebe-se que a citada diferença de cotas entre os pontos RN e A pode ser calculada a partir das leituras:

$$\Delta C_{RNA} = L_{RN} - L_A \quad [6.2]$$

Igualando as expressões [6.1] e [6.2] e reagrupando, resulta:

$$C_A = L_{RN} + C_{RN} - L_A \quad [6.3]$$

Nota-se que a cota do ponto A é função das leituras efetuadas nas miras colocadas nos pontos visados RN (L_{RN}) e A (L_A) e da cota do ponto RN (C_{RN}) e que, portanto, sempre será necessário conhecer a cota de um ponto para poder calcular a cota de outro.

A Figura 6.5 mostra que, ao determinar a cota dos pontos, não importa qual é a cota do plano de visada ($C_{PV} = C_{RN} - L_{RN}$), pois a mesma influirá exatamente da mesma forma ambas as leituras.

O NGS é eficiente quando os pontos topográficos podem ser levantados desde uma única estação, tomando como referência o RN. Porém, na maioria das situações, isto não acontece, principalmente, porque as distâncias entre o RN e os pontos topográficos são tão grandes, que não é possível fazer as leituras nas miras com precisão e/ou porque a diferença de nível entre os pontos é maior do que o comprimento da mira (4m). Em qualquer uma dessas duas situações, é necessário efetuar trocas de estação, surgindo, assim, o método de Nivelamento Geométrico Composto - NGC.

O Nivelamento Geométrico Composto - NGC, como seu nome indica, é uma composição de dois ou mais NGS. Neste caso, o instrumento e as miras se deslocam ao longo de um percurso e, em cada estação, são efetuadas pelo menos duas leituras: uma no ponto ré e outra no ponto vante.

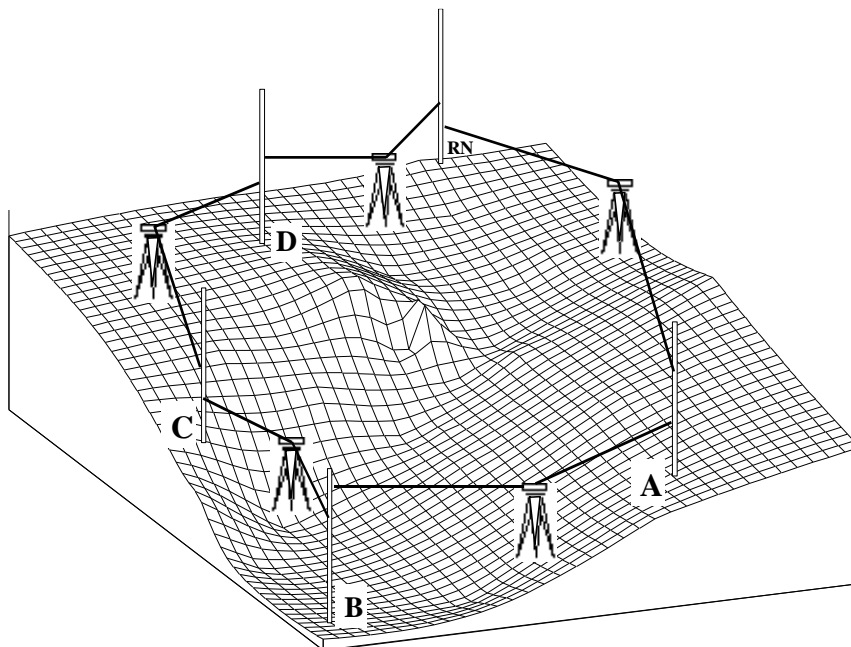


Figura 6.6

A Figura 6.6 mostra um NGC e a disposição seqüencial do nível e das miras. Percebe-se que, na estação E_1 , o ponto RN é ré e o ponto A é vante. Já na E_2 , o ponto A passa a ser ré e o B, vante e assim sucessivamente. Isto significa que em pontos como A, B, C e D (denominados pontos de passagem ou pontos

de enlace) sempre será necessário efetuar uma leitura ré e outra leitura vante, concatenando os nivelamentos simples e transportando a cota do RN até o ponto desejado.

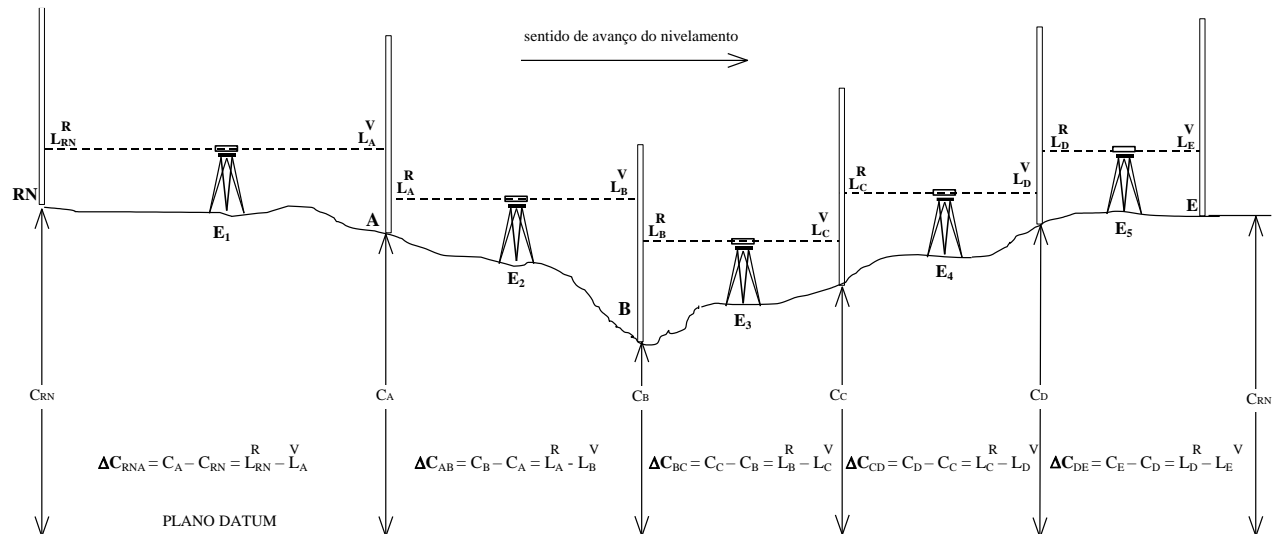


Figura 6.7

Na Figura 6.7, podemos ver que a diferença de cotas entre o ponto de saída (RN) e de chegada (E) pode ser calculada como a soma das diferenças de cotas existentes entre cada par de pontos nivelados em cada estação.

$$\Delta C_{RNE} = \Delta C_{RNA} + \Delta C_{AB} + \Delta C_{BC} + \Delta C_{CD} + \Delta C_{DE} \quad [6.4]$$

Substituindo os valores das diferenças de cotas parciais, têm-se as igualdades [6.5] e [6.6].

$$\Delta C_{RNE} = C_A - C_{RN} + C_B - C_A + C_C - C_B + C_D - C_C + C_E - C_D \quad [6.5]$$

$$\Delta C_{RNE} = L_{RN}^R - L_A^V + L_A^R - L_B^V + L_B^R - L_C^V + L_C^R - L_D^V + L_D^R - L_E^V \quad [6.6]$$

Finalmente, ao igualar as expressões [6.5] e [6.6], a diferença de cotas entre o ponto de saída e o ponto de chegada pode ser calculada por meio do somatório de todas as leituras ré ($\sum L^R$), menos o somatório de todas as leituras vante ($\sum L^{RV}$).

$$\Delta C_{RNE} = \sum L^R - \sum L^V \quad [6.7]$$

Os nivelamentos podem ser de poligonal aberta ou de poligonal fechada. Os problemas apontados para os levantamentos planimétricos de poligonal aberta persistem quando se aplica o método de poligonal aberta nos nivelamentos, pois a falta de controle pode fazer com que passem despercebidos os erros (inclusive grosseiros).

Para contornar este problema, é necessário efetuar o fechamento do nivelamento, o qual pode ser feito de duas maneiras: partindo de um RN conhecido e chegando a outro RN conhecido ou voltando ao RN

de saída. Para acompanhar o raciocínio deste último caso, consideremos que o último ponto nivelado na Figura 6.7 seja novamente o RN (em vez de um ponto qualquer E). A fórmula [6.7] deveria ser igual 0.

$$\Delta C_{RN RN} = \sum L^R - \sum L^V = 0 \quad [6.8]$$

A Fórmula [6.8] mostra que: independentemente do número de pontos nivelados, ao terminar o levantamento deveríamos ter: $\sum L^R = \sum L^V$. Na prática, a probabilidade de que isso aconteça é mínima devido aos inevitáveis erros que ocorrem, tanto por falta de cuidados ou inexperiência do operador, quanto por desajustes do instrumento. Denominando RN' como ponto de chegada, o erro de fechamento (ε) pode ser quantificado como a diferença dos somatórios das leituras ré e vante.

$$\Delta C_{RN RN'} = \varepsilon = \sum L^R - \sum L^V \quad [6.9]$$

Se este erro for menor que a tolerância exigida pela norma técnica brasileira, diz-se que o erro é admissível e procede-se à compensação, efetuando a distribuição homogênea nas leituras (ré ou vante) ou diretamente nas cotas. A Tabela 6.1 apresenta as tolerâncias de fechamentos admitidas para cada tipo de nivelamento.

Tabela 6.1 – Tolerâncias de fechamento de nivelamentos

Classe	Metodologia	Desenvolvimento					Tolerância de fechamento
		Linha Seção	Extensão máxima	Lance max.	Lance min.	Número máximo de lances	
I N Geométrico	Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 3, utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura a ré e vante dos três fios, visadas equidistantes com diferença máxima de 10m, ida e volta em horários distintos e com Ponto de Segurança (OS a cada km, no máximo)		10 km	80 m	15 m		$12mm.\sqrt{k}$
II N Geométrico	Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 2, utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura do fio médio, ida e volta ou circuito fechado, com Ponto de Segurança (OS) a cada dois km, no máximo		10 km	80 m	15 m		$20mm.\sqrt{k}$
III N Trigonométrico	Nivelamento trigonométrico a ser realizado por meio de medidas de distâncias executadas com medidor eletrônico de distância classe 1, leituras recíprocas de distâncias (vante e ré) em uma única série, ou medidas de distâncias executadas à trena de aço devidamente aferida, com controle estadimétrico de erro grosseiro, leituras do ângulo vertical conjugadas, direta e inversa, em uma série direta e inversa, com teodolitos classe 2 ou estação total classe 2.	Principal	10 km	500 m	40 m	40	$0,15m.\sqrt{k}$
		Secundária	5 km	300 m	30 m	20	$0,20m.\sqrt{k}$
IV N Taqueométrico	Nivelamento taqueométrico a ser realizado por meio de leitura dos três fios sobre miras centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura vante e ré, leitura do ângulo vertical simples, com correção de PZ ou de índice obtida no início e no fim da jornada de trabalho, por leituras conjugadas, direta e inversa, com teodolito classe 1.	Principal	5 km	150 m	30 m	40	$0,30m.\sqrt{k}$
		Secundária	2km	150 m	30 m	20	$0,40m.\sqrt{k}$

Fonte: NBR 13.133 de Levantamentos Topográficos

6.2.2 - Nivelamento Trigonométrico

O Nivelamento Trigonométrico (NT) é aquele em que se realiza a medida da diferença de nível entre pontos topográficos por intermédio de leituras correspondentes a visadas inclinadas, realizadas com teodolito ou estação total, por meio de medidas de distâncias e ângulos verticais.

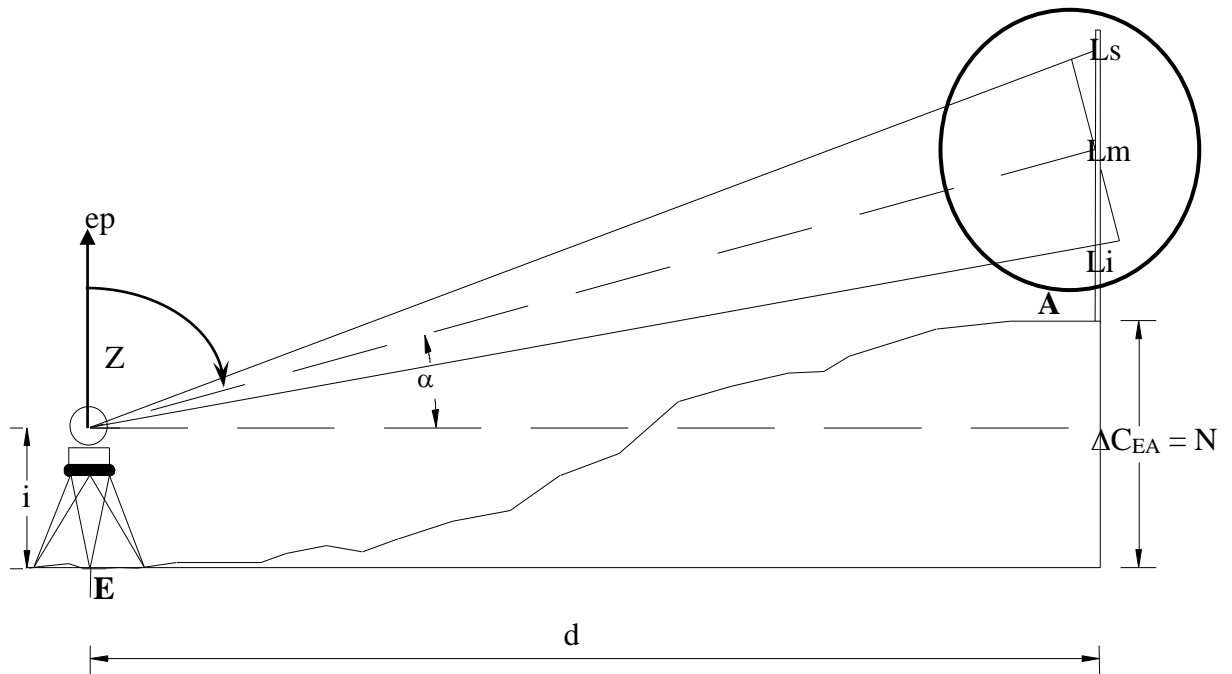


Figura 6.8

onde:

i é a altura do instrumento,

L_m = leitura do fio médio,

L_i = leitura do fio inferior,

L_s = leitura do fio superior

α = ângulo de altura.

De acordo com as deduções realizadas no Capítulo II, a distância entre o aparelho e a mira pode ser calculada como $d = 100 \cdot (L_s - L_i) \cdot \cos^2 \alpha$ (nos casos em que o ângulo vertical lido for de altura).

Paralelamente, a Figura 6.8 permite deduzir que:

$$i + d \cdot \operatorname{tg} \alpha = L_m + N \quad [6.10]$$

Substituindo o valor de d para o caso de leitura de ângulos de altura, resulta:

$$i + 100 \cdot (L_s - L_i) \cdot \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha = L_m + N \quad [6.11]$$

Finalmente, simplificando as fórmulas trigonométricas e reagrupando, resulta:

$$N = \Delta C_{EA} = i - L_m + (L_s - L_i) \cdot 50 \cdot \operatorname{sen} (2 \alpha) \quad [6.12]$$

6.3 - Erros nos nivelamentos

No caso do nivelamento geométrico, um erro bastante comum é a inclinação do eixo de colimação (e_c). Este erro sistemático é corrigido nas revisões periódicas do instrumento, mas, no campo, a sua influência pode ser facilmente eliminada estacionando o nível equidistante das miras. Como mostra a Figura 6.9, o erro continuará existindo, porém não terá nenhuma incidência na determinação das cotas, pois: ele afeta da mesma forma as leituras ré e vante. Estacionar o nível equidistante das miras não significa que o mesmo deva necessariamente estar no alinhamento definido pelos pontos nivelados.

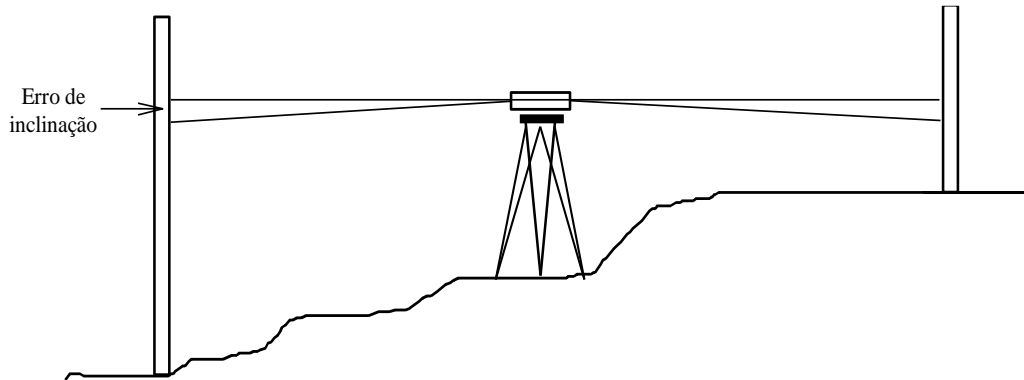


Figura 6.9

Os instrumentos utilizados para levantamentos topográficos, sejam eles mecânicos ou eletrônicos, possuem componentes óticas que permitem visualizar claramente os alvos de interesse. Os raios visuais que “partem do instrumento” e vão até os pontos visados (ao contrário do que se imagina) não seguem uma linha reta. Eles sofrem um desvio ao passar de forma oblíqua pela atmosfera e acabam descrevendo uma linha curva. Este fenômeno físico é denominado de refração atmosférica e influencia as leituras nas miras e conseqüentemente a determinação das cotas.

Tal como mostra a Figura 6.10, no caso do nivelamento geométrico, a influência da refração pode ser eliminada mediante a mesma técnica utilizada para eliminar a influência do erro de inclinação.

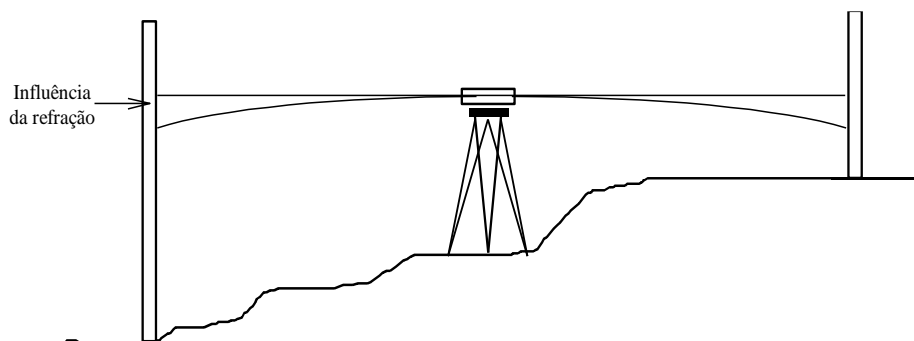


Figura 6.10

Quando há impossibilidade de estacionar o nível equidistante das miras, é aconselhável efetuar visadas recíprocas para eliminar a influência da refração e da curvatura terrestre.

Na prática, o nível é colocado na estação E_1 a uma distância d de um dos pontos topográficos de interesse (Figura 6.11-a), efetuando as leituras em ambas as miras. A seguir, o nível é transportado para a estação E_2 , localizada a uma distância d do outro ponto topográfico de interesse, efetuando-se novamente as leituras em ambas as miras (Figura 6.11-b).

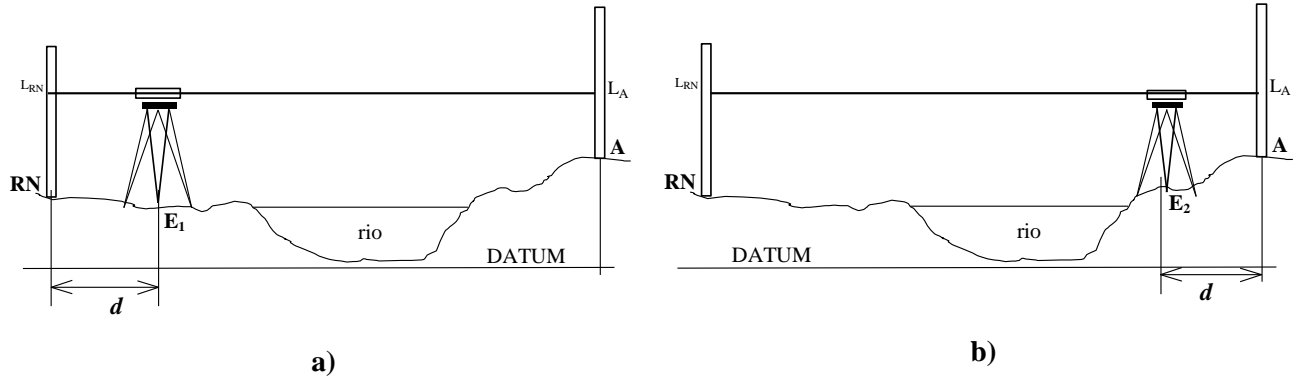


Figura 6.11

Finalmente, a diferença de cotas entre os pontos visados se calcula por meio da média aritmética entre as diferenças obtidas a partir de cada estação.

As análises realizadas até aqui são válidas para nivelamentos realizados em “áreas pequenas”, pois, nesses casos, adotamos um plano como superfície de referência. Porém, por ser a Terra curva, é necessário estudar a influência que esse fato tem na determinação das cotas dos pontos topográficos.

Como foi demonstrado, a superfície que define a forma da Terra (Geóide) não possui fórmula matemática conhecida. Por essa razão, a forma do planeta é simplificada por uma superfície elipsoidal ou ainda esférica, o que permite efetuar deduções matemáticas. Considerando o caso do NG, podemos ver na Figura 6.12 que quanto mais distantes os pontos topográficos de interesse, maior será a influência da refração (c).

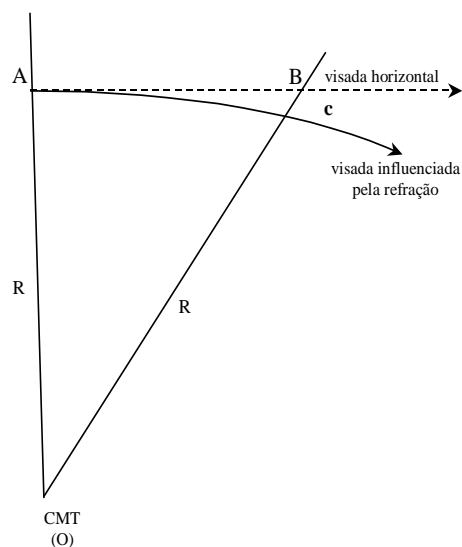


Figura 6.12

Analisando o triângulo retângulo definido pelo “centro de massa da Terra” (O) e os pontos A e B (OAB), podemos escrever a igualdade:

$$R^2 + AB^2 = \sqrt{(R + c)^2} \quad [6.13]$$

Desenvolvendo o segundo membro, reagrupando e desprezando c^2 (por ser muito pequeno), resulta:

$$AB^2 = 2.R.c \quad [6.14]$$

Isolando a influência da curvatura:

$$c = \frac{AB^2}{2.R} \quad [6.15]$$

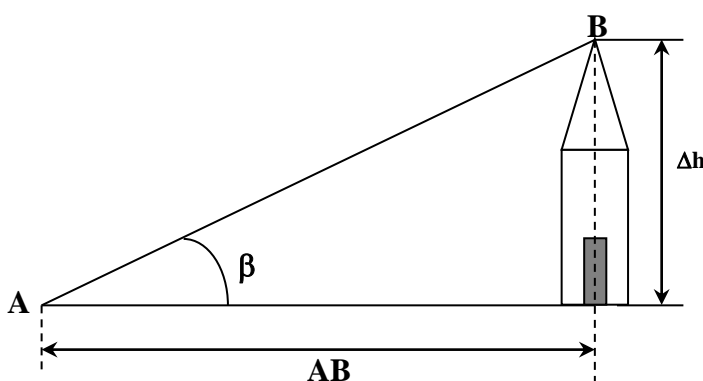
O efeito da refração em nivelamentos trigonométricos pode ser quantificado a partir da Lei de Biot, que estabelece: a trajetória de um raio visual é aproximadamente um arco de circunferência com raio (R) de 13 a 18 vezes maior do que o raio da Terra (Pimentel Cintra, 1997). Adotando um raio (R') 15 vezes maior do que o raio do nosso planeta, a fórmula [6.15] resulta [6.16]:

$$r = \frac{AB^2}{2.R'} = \frac{1}{15} \frac{AB^2}{2.R} = k. \frac{AB^2}{2.R} ; \text{ sendo } k = 0,067 \quad [6.16]$$

Assim, o efeito conjunto da curvatura e da refração é dado pela fórmula [6.17]:

$$CR = c - r = (1 - k) \frac{AB^2}{2.R} \quad [6.17]$$

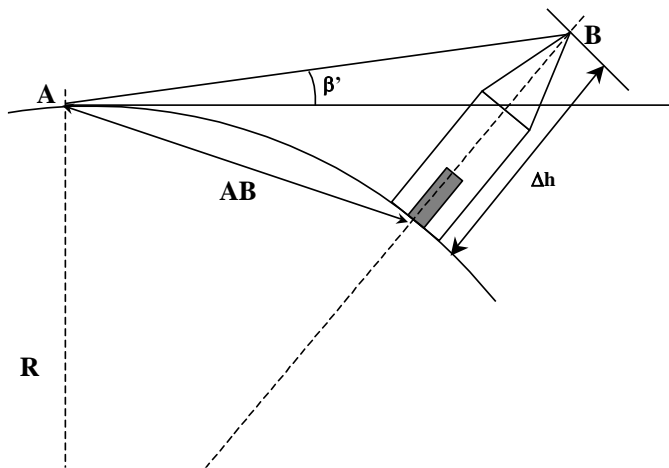
Vejamos, na prática, a influência da curvatura terrestre e da refração atmosférica mediante um exemplo. Na Figura 6.13, observa-se que, se o objeto visado (extremo B da torre) está próximo do instrumento (A), a diferença de altura Δh pode ser calculada de forma simples por trigonometria ([6.18]).



$$\Delta h = AB.tg\beta \quad [6.18]$$

Figura 6.13

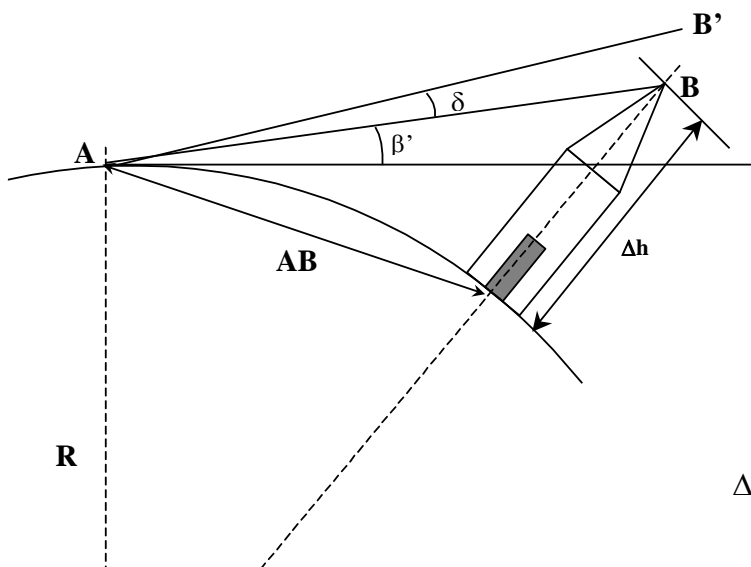
Levando em conta a curvatura terrestre (Figura 6.14), o ângulo de altura medido não será o β , mas o β' , e na fórmula de cálculo da diferença de altura é necessário somar a correção deduzida em [6.15].



$$\Delta h = AB \cdot \text{tg} \beta' + \frac{AB^2}{2R} \quad [6.19]$$

Figura 6.14

Finalmente, introduzindo a influência da refração que sofre o eixo de colimação ao visar o alvo B, percebe-se na Figura 6.15 que a observação a partir de A apontará para B' e o ângulo lido difere δ em relação à linha reta. Assim, introduzindo a influência conjunta da curvatura e da refração deduzida em [6.17], a fórmula resulta [6.20]:



$$\Delta h = AB \cdot \text{tg} \beta' + \frac{1-k}{2R} AB^2 \quad [6.20]$$

Figura 6.15

6.4 - Técnicas de nivelamento

Independente do método e dos equipamentos que se utilizem, as técnicas de nivelamento que se aplicam podem ser enquadradas em lineares ou de área. No primeiro grupo, o levantamento se realiza ao longo e nas proximidades de um determinado alinhamento, com a finalidade de desenhar perfis longitudinais e transversais (seções). Normalmente, o alinhamento já se encontra materializado no terreno e é definido por vértices de coordenadas planimétricas conhecidas. Se o levantamento se realiza exatamente

sobre a linha, a única preocupação do profissional será medir as distâncias entre os pontos nivelados. Esta condição não é obrigatória, pois as diferenças de nível também podem ser medidas a partir de estações localizadas fora do alinhamento, como a E_2 da Figura 6.16, que representa um nivelamento longitudinal realizado pelo método de NGC.

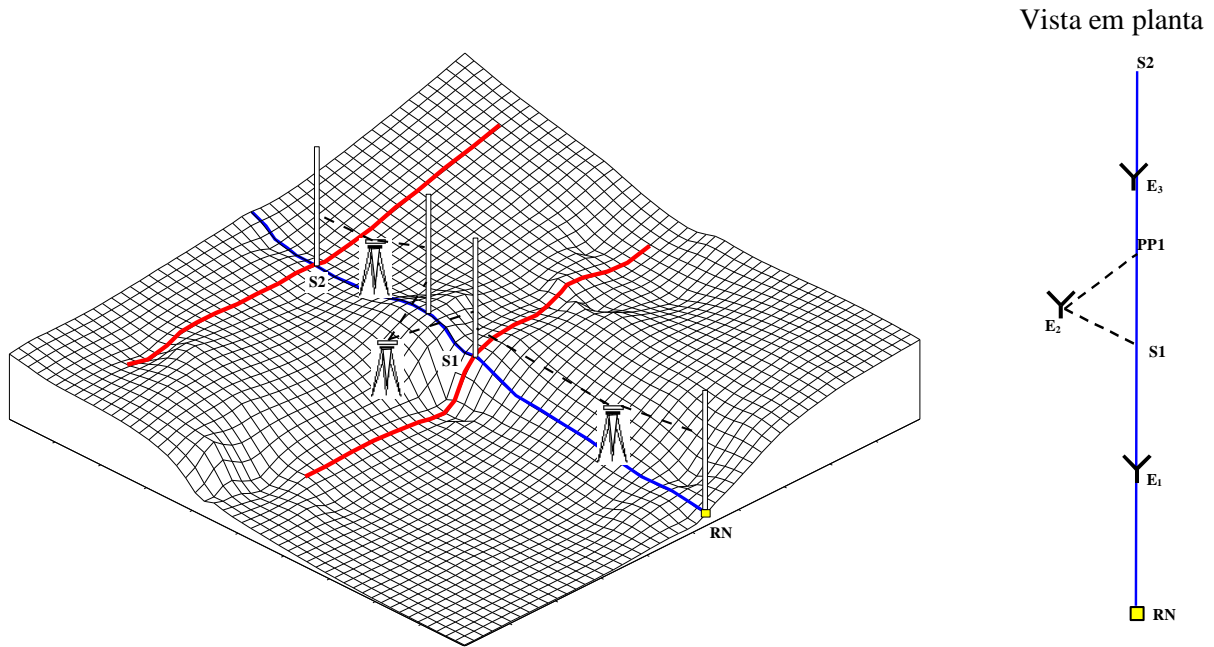


Figura 6.16

Há projetos, como os de estradas, nos quais conhecer os desníveis e as declividades ao longo do eixo é insuficiente. Nesses casos, é necessário também entender o comportamento do relevo numa faixa próxima a do alinhamento principal. Então se realizam levantamentos transversais, os quais permitirão gerar as seções (Figura 6.17).

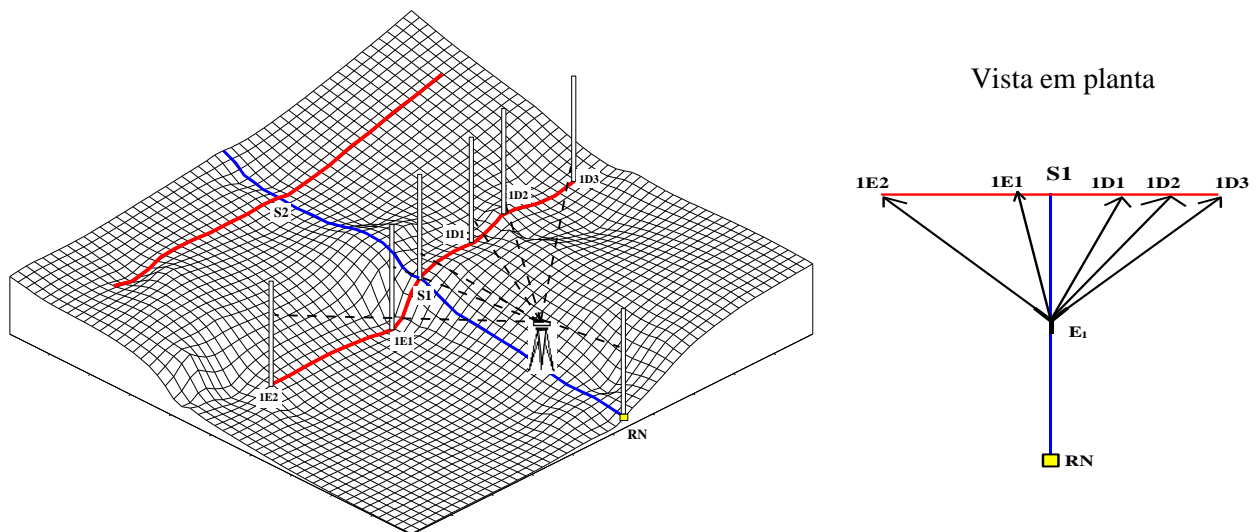


Figura 6.17

Nas técnicas para levantamento altimétrico de áreas, é necessário definir um sistema de referência planimétrico para posicionar cada ponto levantado, o que pode ser feito antes de começar o nivelamento ou

durante a execução do mesmo. No primeiro caso, materializa-se previamente uma quadrícula regular (Figura 6.18) e procede-se à medição da cota e/ou altitude de cada vértice. Esta técnica tem aplicação na sistematização de terrenos, pois os piquetes que ficam em cada ponto são utilizados para efetuar os cortes e os aterros necessários na área.

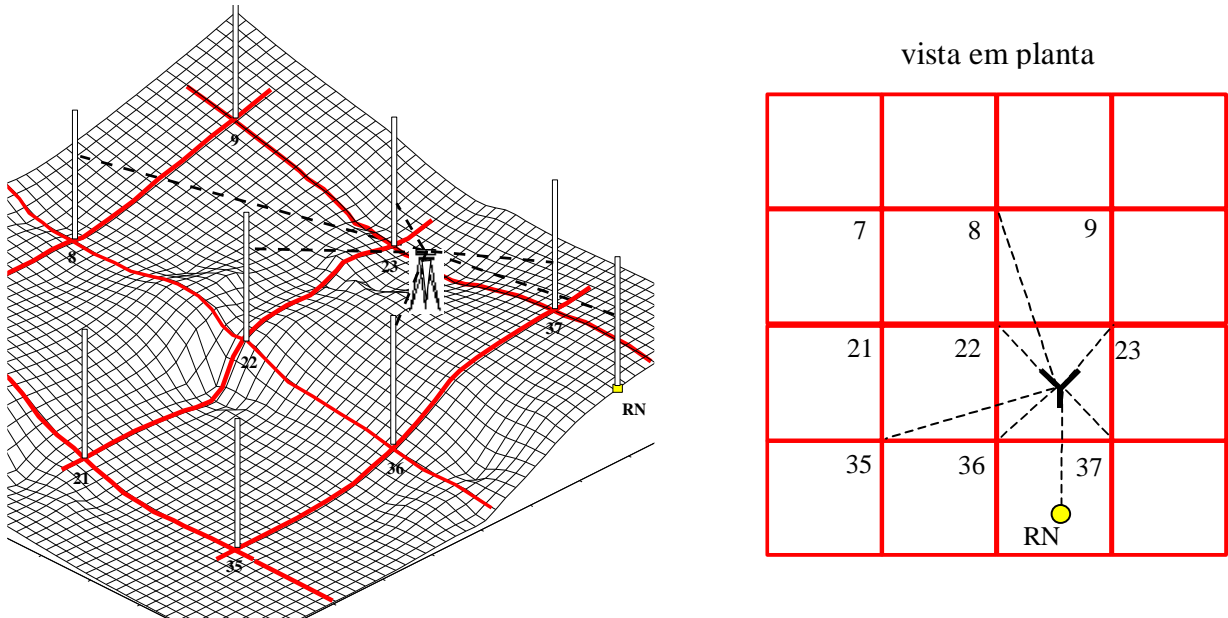


Figura 6.18

Finalmente, os nivelamentos por irradiação (Figura 6.19) têm como objetivo levantar áreas para a geração de modelos numéricos do terreno, a partir dos quais possam ser traçadas curvas de nível e perfis. A técnica toma como base estações concatenadas, cujas coordenadas planimétricas são determinadas à medida que avança o nivelamento.

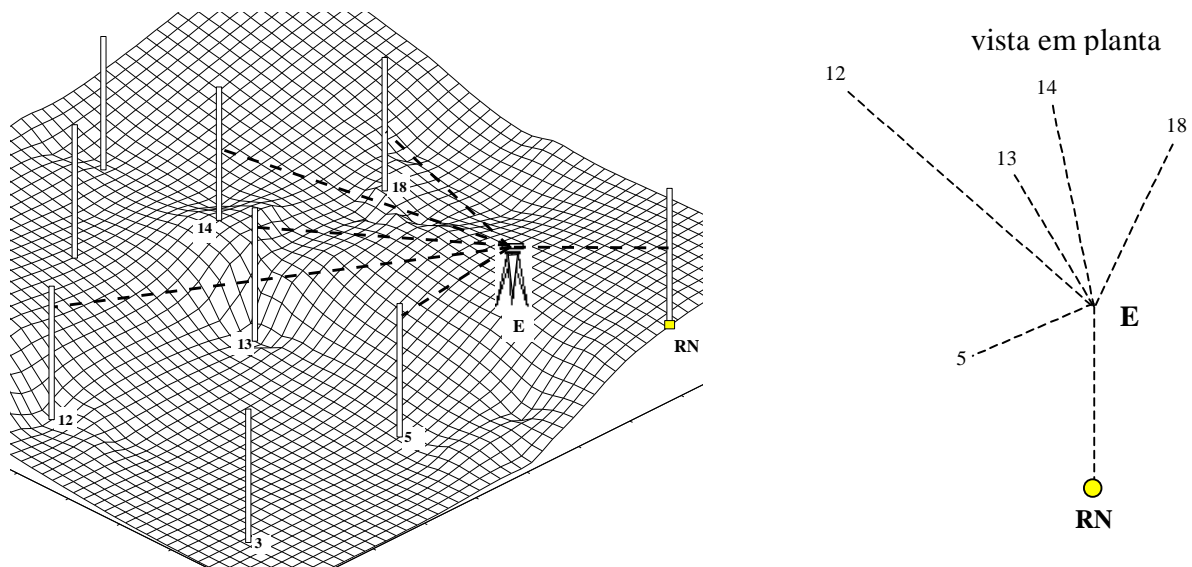


Figura 6.19

6.5 - Declividade

Na maioria dos projetos de engenharia, não é suficiente conhecer apenas os desníveis do terreno, mas sim com que intensidade ocorrem as mudanças altimétricas.

A declividade é a variável que quantifica a “velocidade” com que o terreno sobe (active) ou desce (declive) entre dois pontos quaisquer A e B e pode ser calculada segundo a fórmula [6.21]. Determinar as declividades é extremamente importante em projetos de estradas, hidrologia aplicada, obras de saneamento, monitoramento do uso e ocupação do solo urbano, detecção de áreas com possíveis problemas de desabamentos etc.

$$D_{AB} = \frac{\Delta C_{AB}}{d_{AB}} \quad [6.21]$$

A declividade é adimensional, mas pode ser expressada em % ([6.22]) ou em graus ([6.23]).

$$D_{AB} = \frac{\Delta_{AB}}{d_{AB}} \times 100 \quad [6.22]$$

$$D_{AB} = \arctg\left(\frac{\Delta_{AB}}{d_{AB}}\right) \quad [6.23]$$

A declividade pode ser referenciada em diferentes trechos de um perfil (Figura 6.20) ou em plantas por meio de manchas pintadas com cores que representam sua intensidade (Figura 6.21).

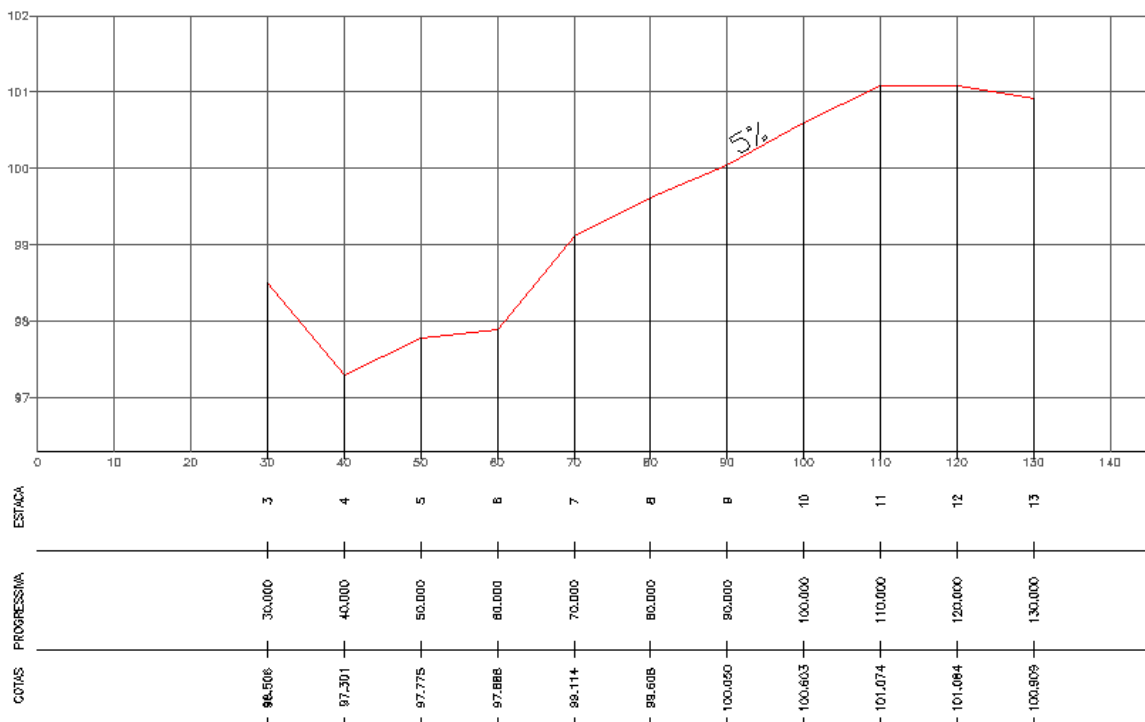


Figura 6.20

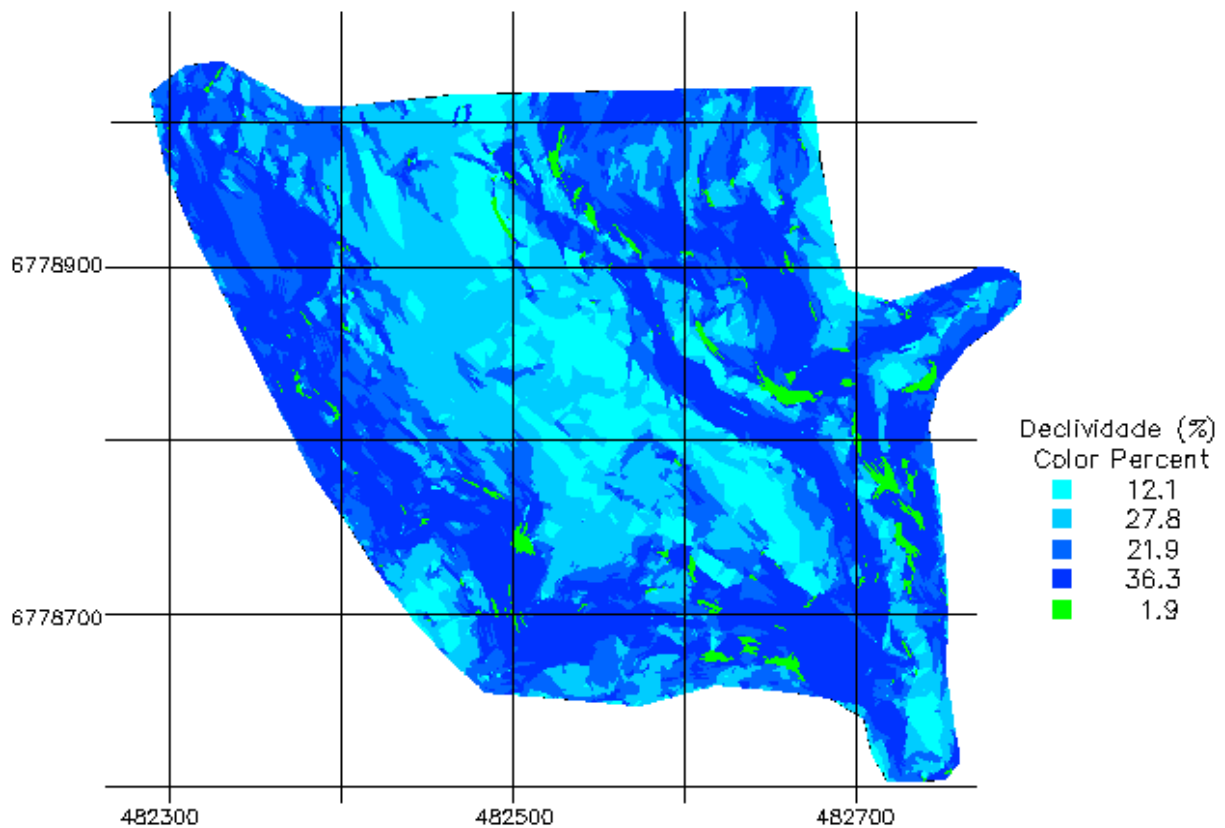


Figura 6.21

6.6 - Instrumentos topográficos para nivelamento

Como aconteceu com todos os grupos de instrumentos topográficos, as diferentes necessidades e a evolução tecnológica levaram ao desenvolvimento de uma ampla variedade de níveis. As diferenças se encontram na estrutura física do aparelho, na precisão que pode ser obtida e na velocidade que pode ser alcançada no levantamento. Os teodolitos e as Estações Totais já foram profundamente descritos no Capítulo IV e, portanto, vamos nos deter nos níveis e nas miras utilizados para nivelamentos geométricos. Os níveis possuem alguns componentes similares aos teodolitos, mas a principal diferença é que não possuem eixo secundário, não sendo possível girar a luneta em sentido vertical. Isso garante que o plano de visada definido pelo eixo de colimação (e_c), ao girar o nível em torno do eixo principal (e_p), permaneça na horizontal (Figura 6.22).



Figura 6.22

O níveis ótico-mecânicos modernos (Figura 6.23) apresentam como principal característica um dispositivo de compensação automática que garante, dentro de determinados limites, a horizontalidade do eixo de colimação. Nos equipamentos da geração anterior, era necessário corrigir o nível tubular antes de

cada leitura, o qual ocasionava um grande acréscimo no tempo de trabalho no campo, além de aumentar a probabilidade de cometer erros grosseiros. Os automáticos são níveis de manuseio simples. A grande maioria permite fazer leituras angulares (precisão de 1° a $30'$) e trabalha com miras centimetradas (Figura 6.28). Embora haja equipamentos com lentes poderosas, não se aconselha fazer visadas de mais de 70m.



Leica Série NA 700



Sokkia Serie B20



Nikon AC-2S



Topcon AT-24A

Figura 6.23 - Níveis automáticos

Há casos, como, por exemplo, o monitoramento de prédios, a instalação de maquinarias (topografia industrial) etc, nos quais a precisão atingida com os níveis automáticos é insuficiente. Para poder executar de forma eficiente essas tarefas, foram desenvolvidos os níveis de alta e altíssima precisão (Figura 6.24), que permitem estimar centésimo de milímetro nas leituras efetuadas em miras de grande estabilidade (INVAR).
Figura 6.24



Wild N3



Zeiss NI007

Figura 6.24 – Níveis de altíssima e alta precisão

Mais recentemente, foram desenvolvidos os níveis digitais, os quais têm uma estrutura totalmente diferente a dos ótico-mecânicos e a operação é mais rápida e segura. (Figura 6.25).



Leica NA2002



Zeiss DINI22



Topcon DL-101



Sokkia SDL – 30

Figura 6.25 – Níveis eletrônicos

O sistema de leitura das distâncias horizontais (entre o instrumento e a mira) e verticais (diferenças de nível) se baseia num tratamento de imagens. Ao apontar para a mira graduada com o código de barras (Figura 6.28), o instrumento faz a varredura da porção que está “enxergando” e compara com os padrões que ela tem armazenados na sua memória. Estima-se que um levantamento altimétrico completo (campo e gabinete) é realizado na metade do tempo, utilizando esse tipo de equipamento. Este fato se deve à não-necessidade de fazer anotações, o que poderia acarretar erros grosseiros. A memória de armazenamento de dados pode ser fixa ou utilizar cartões removíveis.

6.6.1 - Níveis LASER

Este tipo de instrumento é um dos mais peculiares, se comparado com o resto dos utilizados na Topografia, devido ao fato de não possuir um sistema ótico para efetuar os apontamentos. Ao contrário dos outros níveis, o operador realiza as leituras em uma escala graduada da própria mira. No momento em que um alarme soa, é indicado que o raio *LASER* definiu um plano horizontal do nivelamento e atingiu o detetor (Figura 6.26). As principais aplicações ocorrem na agricultura e na construção civil. No primeiro caso, são utilizados com múltiplas vantagens para a sistematização de terrenos (nestes casos, o detetor pode se acoplado diretamente à máquina que realiza o movimento de terra).



Figura 6.26 – Nível LASER e detector

Já na construção civil, a tecnologia LASER é utilizada em instrumentos especialmente desenvolvidos para marcação de prumo, nível, esquadro e/ou alinhamento de paredes e pilares, os quais utilizam um feixe visível (Figura 6.27).



Topcon RL-VH3C

Pacific Laser Systems

LaicaLB9

Figura 6.27

6.6.2 - Miras

A mira é o acessório sobre o qual se efetuam as leituras. Aquelas utilizadas com equipamentos ótico-mecânicos têm uma estrutura que se assemelha a uma régua, motivo pelo qual também recebe essa denominação. Vários são os tipos de miras que podem ser utilizados e a escolha depende do instrumento e do método de levantamento a ser aplicado. As mais comuns são as miras centimetradas (Figura 6.28), as quais permitem determinar diferenças de nível e distâncias pelo método estadimétrico.

Para conseguir as altas precisões dos níveis utilizados para monitoramento, utilizam-se miras especiais de aço INVAR, que garante estabilidade.

Com o advento dos equipamentos eletrônicos, as miras continuam sendo identificadas por esse nome, embora não apresentem uma escala numérica graduada. Como foi explicado, os níveis digitais

realizam automaticamente as leituras sobre miras denominadas “binárias”, por apresentar um código de barras com linhas pretas e brancas.

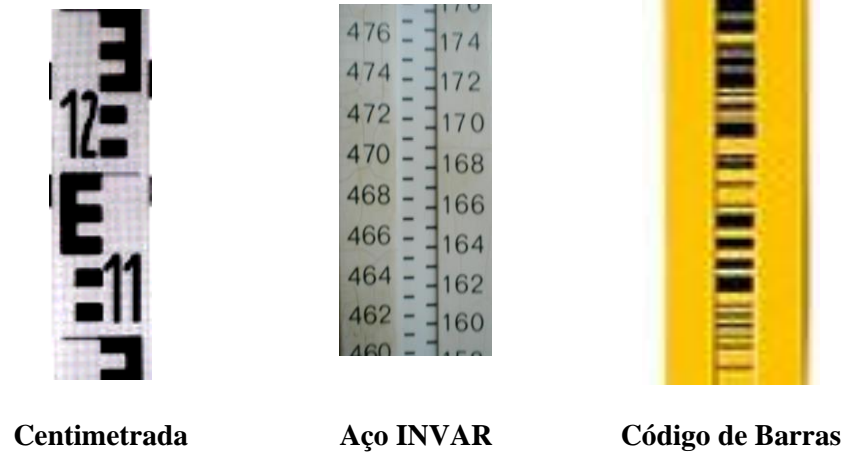


Figura 6.28 - Miras

6.7 - *Referências bibliográficas*

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1994). NBR 13133 – Execução de levantamento topográfico – procedimento. Rio de Janeiro.

CINTRA, J.P. (1997). Notas de Aula. Apostila publicada pela EPUSP - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ESPARTEL, L.; LÜDERITZ, J. (1983). Caderneta de Campo, 13ª edição. Editora Globo. Rio de Janeiro.

GARCIA, G.; PIEDADE, G. (1944). Topografia aplicada às ciências agrárias. Editora Nobel. São Paulo.

SILVA, I.; ERWES, H.; SEGANTINE, P. C. L. (2001). Introdução à Geomática. Setor Gráfico da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos – SP. 100p.

=====