

JOSÉ MACHADO COELHO JÚNIOR
FERNANDO CARTAXO ROLIM NETO
JÚLIO DA SILVA C. O. ANDRADE

TOPOGRAFIA GERAL

RECIFE - BRASIL

José Machado Coelho Júnior
Fernando Cartaxo Rolim Neto
Júlio da Silva C. O. Andrade

TOPOGRAFIA GERAL

Recife - Brasil

Ficha catalográfica

C672t Coelho Júnior, José Machado
Topografia geral / José Machado Coelho Júnior, Fernando
Cartaxo Rolim Neto, Júlio da Silva Correa de Oliveira Andrade. –
Recife : EDUFRPE, 2014.
156 p. : il.

Referências.

1. Planimetria
2. Altimetria
3. Levantamento topográfico
4. Locação topográfica
5. Automação topográfica I. Rolim Neto,
Fernando Cartaxo II. Andrade, Júlio da Silva Correa de Oliveira
III. Título

CDD 526.9

AGRADECIMENTOS E DEDICATÓRIAS

Agradecemos à Deus pela criação do universo, aos professores FERNANDO JOSÉ DE LIMA BOTELHO e MANOEL VIEIRA DE FRANÇA, pelos ensinamentos, e aos nossos familiares pelo apoio e carinho.

Os autores

Dedico este livro aos meus pais, irmãos, esposa, filhos e amigos pelo amparo, carinho, amor e coragem nessa árdua e feliz batalha da vida.

José Machado

Dedico este livro aos meus familiares, aos verdadeiros amigos, aos verdadeiros mestres e aos meus alunos e ex-alunos.

Fernando Cartaxo

Dedico este livro à pessoa mais importante da minha vida, pois a mesma me deu a oportunidade e ensinamentos para desenvolver meu espírito. Nilma Maria de Carvalho Pereira, obrigado por existir; à minha companheira Katharina de Barros Barbosa da Silva pela ajuda e dedicação, obrigado por tudo meu amor. Ao meu pai Frederico Corrêa de Oliveira Andrade, *in memorian*. Ao meu querido irmão, José Batista do Regô Pereira Neto. À minha afilhada predileta Maria Luiza Corrêa de Melo e a todos os meus amigos.

Júlio Andrade

SUMÁRIO

Parte I – Planimetria.....	05
Capítulo 1 - Introdução à Topografia.....	06
Capítulo 2 - Equipamentos topográficos.....	16
Capítulo 3 - Escala.....	29
Capítulo 4 - Ângulos importantes à Topografia.....	39
Capítulo 5 - Medições de distâncias horizontais.....	49
Capítulo 6 - Levantamento topográfico planimétrico.....	59
Capítulo 7 - Cálculo de fechamento angular e angular de uma poligonal fechada.....	73
Capítulo 8 - Cálculo de área.....	83
Parte II – Altimetria.....	93
Capítulo 9 - Introdução à altimetria.....	94
Capítulo 10 – Nivelamento trigonométrico.....	107
Capítulo 11 - Nivelamento geométrico.....	111
Capítulo 12 - Perfil longitudinal.....	123
Capítulo 13 - Seção transversal.....	131
Capítulo 14 - Curvas de nível.....	136
Capítulo 15 - Quadriculação do terreno e interpolação das curvas de nível.....	146
Capítulo 16 - Cálculo de volume.....	153
Referências.....	156

Parte I

Planimetria

Capítulo 1

Introdução à Topografia

1. História da Topografia

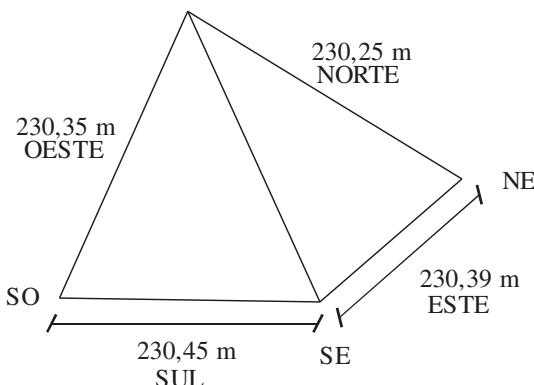
O homem passou por diversos processos evolutivos de sobrevivência durante a história, desde suas formas primárias até as configurações atuais de sociedade. Os primeiros povos da pré-história eram os nômades que não possuíam residência fixa e sobreviviam da caça, pesca e extração vegetal. Com o passar do tempo, houve a necessidade do ser humano mudar os hábitos de sobrevivência, pois os alimentos, que até então somente explorava, estavam ficando escassos, passando a ter sua residência fixa e tornando-se uma espécie sedentária. Aprendeu a cultivar seu próprio alimento e criar animais, surgindo então, a agricultura e pecuária, consequentemente, formando sociedades mais complexas, como vilas e cidades.

Após a criação de uma sociedade mais organizada, o ser humano necessitou especializar-se e demarcar seus domínios para uso em suas atividades agrícolas e moradias. A partir daí, o homem passou a usar a Topografia, sem mesmo saber que a havia descoberto. Para as atividades de demarcações de terras para plantios e construção de residências eram necessários alguns instrumentos que auxiliassem nesse trabalho, daí o surgimento dos primeiros instrumentos topográficos, embora que rudimentares.

Os primeiros povos a criarem e utilizarem os instrumentos topográficos foram os egípcios e mesopotâmicos, depois chineses, hebreus, gregos e romanos. Não se sabe exatamente o ano em que começou, mas acredita-se que a Topografia já era usada antes de 3200 a.c. tendo sido empregada no antigo império egípcio.

Os instrumentos, nessa época, eram bastantes rudimentares e tinham baixa exatidão e precisão em se comparando com os instrumentos atuais, porém considerando-se sua época esses povos chegavam a resultados espantosos. Os egípcios, como exemplo, ao fazerem a construção da pirâmide de Quéops, que durou 30 anos para ser erguida, a construíram com as medidas de 230,25 m, 230,45 m, 230,39 m e 230,35 m, respectivamente, para as suas bases norte, sul, leste e oeste. Eles erraram apenas 20 centímetros entre as bases (Figura 1).

Figura 1 – Medições das bases da pirâmide de Quéops e sua orientação.



Em se tratando de ângulos, o erro correspondente aos 4 ângulos da base da pirâmide é de apenas 6'35''. Outra consideração importante é que as quatro arestas da pirâmide de Quéops apontam para os pontos colaterais NE, SE, SO, e NO, incluindo também as outras pirâmides de Gizé.

Com o passar das gerações e do tempo, os instrumentos e métodos evoluíram tecnicamente e eletronicamente, tornando as interfaces e seus manejos mais amigáveis, dispondo de mais recursos para o operador, controlando mais o erro e, consequentemente, dando resultados com maiores exatidões e precisões.

2. Definições e divisões

A palavra Topografia é originada do idioma grego *Topos Graphen*. Após a tradução para a língua portuguesa têm-se *Topos* significando lugar ou região e *Graphen* equivalente a descrição, ou seja, descrição de um lugar.

Atualmente existem diversas definições sobre o significado da Topografia. Véras Júnior (2003) define como a ciência que tem por objetivo conhecer, descrever e representar graficamente sobre uma superfície plana, partes da superfície terrestre, desconsiderando a curvatura do planeta Terra. Doubek (1989) afirma que a Topografia tem por objetivo o estudo dos instrumentos e métodos utilizados para obter a representação gráfica de uma porção do terreno sobre uma superfície plana. Espartel (1987) por sua vez diz que a Topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da esfericidade terrestre.

Analizando essas definições, podemos entender que a Topografia é uma ciência que estuda, projeta, representa, mensura e executa uma parte limitada da superfície terrestre não levando em conta a curvatura da Terra, até onde o erro de esfericidade poderá ser desprezível, e considerando os perímetros, dimensões, localização geográfica e posição (orientação) e objetos de interesse que estejam dentro desta porção.

A Geodésia, ciência que estuda a Terra como um todo ou parcialmente, é dividida em três ramos: Geodésia Física, Geodésia Geométrica e Geodésia por satélites. A Topografia é um ramo da Geodésia Geométrica, sendo que essas duas ciências estudam, em muitas vezes, os mesmos métodos, utilizando os mesmos instrumentos para determinar porções da superfície terrestre. Entretanto, a Topografia estuda apenas uma porção limitada da superfície terrestre, enquanto que a Geodésia admite uma maior dimensão estudando porções maiores que à limitada para a Topografia, ou seja, até mesmo a toda a Terra.

É importante salientar que, quando deixamos de desconsiderar a curvatura da Terra, não trabalhamos mais com os planos topográficos (dimensões planimétricas, altimétricas, posição, orientação e coordenadas locais), significando que não estamos mais trabalhando com

a Topografia. O uso de GNSS (GPS, GLONASS, etc) e DATUNS geodésicos evidenciam a utilização da Geodésia, confundida por muitos autores.

O limite geométrico da porção que delimita a Topografia com a Geodésia varia de autor para autor, em função do erro admissível e se é economicamente viável para a Topografia. Então, se é possível utilizar o plano topográfico sem gerar erros consideráveis estamos usando a Topografia, onde essa porção é limitada por um plano de raio com 20 km.

A Topografia é dividida em dois ramos: Topologia e Topometria. A Topologia é definida por Véras Júnior (2003) como a parte da Topografia que se preocupa com as formas exteriores da superfície da Terra e as leis que regem o seu modelado. Já a Topometria é um ramo da Topografia que tem como objetivo as medições de elementos característicos de uma determinada área. Esse ramo divide-se em: Planimetria, Altimetria e Planialtimetria (Figura 2).

Figura 2 – Divisão e subdivisões da Topografia.



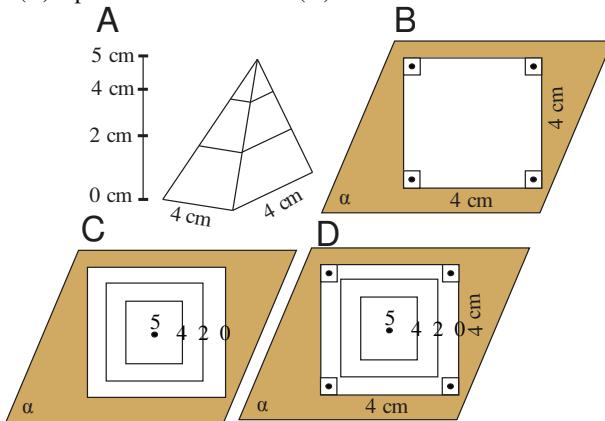
A Planimetria é a parte da Topografia que estuda o terreno levando em consideração somente dimensões e coordenadas planimétricas. Nesse caso não se tem ideia do relevo do terreno em questão, estudando-se apenas suas distâncias e ângulos horizontais, localização geográfica e posição (orientação).

A Altimetria é a parte da Topografia que estuda o terreno levando em consideração somente dimensões e coordenadas altimétricas. Nesse caso se tem ideia do relevo do terreno em questão, estudando-se apenas suas distâncias e ângulos verticais.

A Planialtimetria é a parte da Topografia que estuda o terreno levando em consideração as dimensões e coordenadas planimétricas e altimétricas. Nesse caso se tem ideia do relevo do terreno em questão, estudando-se suas distâncias horizontais e verticais, ângulos horizontais e verticais, localização geográfica e posição (orientação). A Figura 3

abaixo demonstra uma pirâmide sendo representada planimetricamente, altimetricamente e planialtimetricamente.

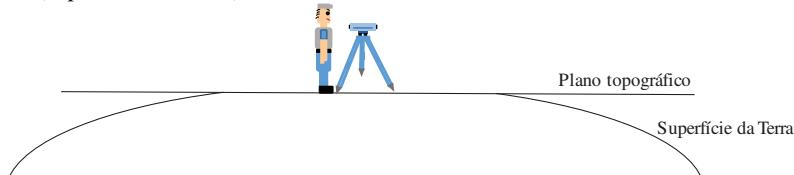
Figura 3 – Pirâmide no espaço (A) sendo representada planimétrica (B), altimétrica (C) e planialtimetricamente (D).



3. Erro de esfericidade

Os trabalhos topográficos como levantamentos e locações são realizados sobre a superfície curva da Terra, porém os dados coletados são projetados sobre uma superfície plana, o plano topográfico. Por causa disso, ocorre um erro chamado de erro de esfericidade (Figura 4).

Figura 4 – Representação da distância horizontal (plano topográfico) e da distância curva (superfície da Terra).



Na Topografia, o profissional, deve avaliar, qual deve ser o limite da área a ser trabalhada para avaliar a desconsideração do erro, pois quanto mais distante da origem do plano topográfico, maior será esse

erro. Abaixo segue a tabela 1 com os valores das coordenadas geográficas, distância na superfície terrestre, também chamada de distância curva (DC), distância horizontal no plano topográfico (DH) e o

Tabela 1 – Distância da curvatura da Terra, distância horizontal e erro de esfericidade para 1° e 1' das coordenadas geográficas.

Coordenadas Geográficas	Distância na curvatura (DC)	Distância horizontal (DH)	Erro = DC - DH
1°	111.188,763 m	111.177,473 m	11,29 m
1'	1.852,958 m	1.852,957 m	0,02178 mm

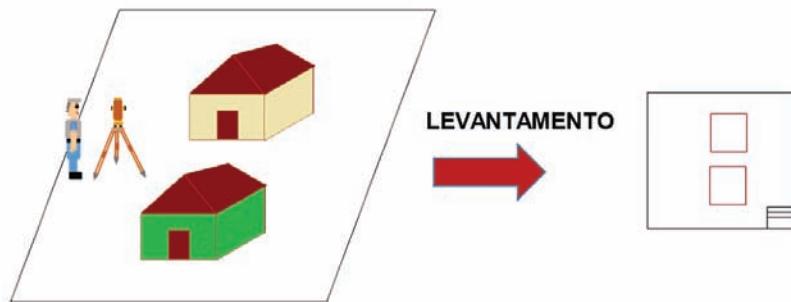
erro correspondente à diferença entre DC e DH (Tabela 1). Porém, é sabido, que o fator econômico pesa na hora da escolha em utilizar a Topografia ou Geodésia, então deve ser algo a se considerar.

4. Principais trabalhos e áreas que explora

O objetivo principal da Topografia é a representação planialtimétrica de uma determinada superfície terrestre, em escala adequada, seguindo as normas locais, regionais ou nacionais. Os principais trabalhos da Topografia são o levantamento topográfico e a locação topográfica.

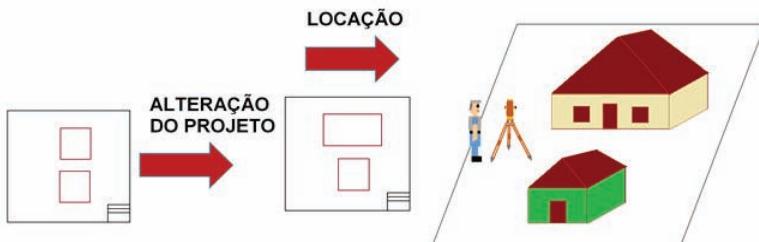
O levantamento topográfico, de uma forma geral, consiste em recolher todos os dados e características importantes que há no terreno numa determinada área, para posterior representação fiel através de desenho em papel ou ambiente gráfico, em escala adequada e com orientação, todos detalhes naturais e artificiais que foram levantados (Figura 5).

Figura 5- Representação do levantamento topográfico de dois imóveis.



A locação topográfica é o processo inverso ao levantamento topográfico. Também se divide em planimétrica, altimétrica e planialtimétrica. Antes de toda locação topográfica deve ser realizado um levantamento topográfico. Após o levantamento topográfico, o topógrafo ou engenheiro irá ao escritório realizar o projeto, criando as mudanças futuras necessárias no terreno, para a implantação de obras na área. É importante salientar que todos os dados e valores característicos importantes do projeto deverão ser implantados fielmente no terreno de acordo com a escala utilizada. A locação topográfica é mais cara e trabalhosa em relação ao levantamento topográfico (Figura 6).

Figura 6- Representação da planta de dois imóveis levantados anteriormente, alterados e depois locado de acordo com seu projeto.



Como exemplo, temos na Figura 6 uma planta com dois imóveis levantados anteriormente (Figura 5). A partir do projeto ocorreu a

locação topográfica do papel para o campo, sendo implementadas no terreno as dimensões de uma casa. Poderiam também derrubar ou inserir novas casas, postes, piscinas, ou seja, uma infinidade de coisas que poderiam ser alteradas no papel e executadas no terreno.

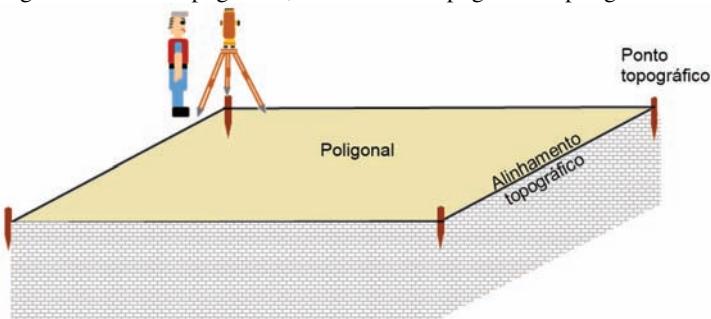
Após a realização do trabalho de levantamento topográfico e/ou locação topográfica deve-se anexar ao projeto/trabalho o memorial descritivo. Memorial descritivo é um documento anexo ao trabalho que informa todas as características de uma propriedade ou área. Esse memorial indica os principais marcos, coordenadas, estradas principais que limitam a propriedade, etc. É utilizado para descrever, em forma de texto, a poligonal que limita a propriedade de uma maneira que se entenda e compreenda suas características e o que foi realizado, sem a necessidade de se verificar graficamente ou em tabelas.

A Topografia pode ser utilizada em diversas áreas, como exemplo, desde a Agronomia, Cartografia, Engenharia Agrícola, Engenharia de Agrimensura, Engenharia Ambiental, Engenharia Civil, Engenharia Florestal, Engenharia Mecânica, Zootecnia, Engenharia de Pesca e até mesmo na Medicina. Neste último caso é a representação do corpo humano, de seus órgãos ou partes destes, através de imagens, não sendo o seu detalhamento objetivo deste livro.

5. Topografia como uma representação geométrica

A Topografia baseia-se em Geometria aplicada, onde imaginam-se figuras geométricas regulares ou irregulares geoespecializadas. Quando um levantamento topográfico é realizado, coletam-se todos os dados e características do terreno em forma de figuras geométricas com suas dimensões, perímetros e posições (orientações) e localizações geográficas. As figuras geométricas básicas são compostas de ponto, linha e polígono (Figura 7).

Figura 7 – Ponto topográfico, alinhamento topográfico e poligonal.



5.1. Ponto

O ponto é a menor unidade numa figura geométrica. Em Topografia são representados pelos pontos topográficos. Os pontos topográficos em um levantamento topográfico ou locação topográfica podem ser materializados por piquete, estaca, prego, parafuso ou tinta.

5.2. Alinhamento ou linha

A linha é uma figura geométrica formada pela união de vários pontos numa mesma reta. Em Topografia, essa linha formadora dos lados de uma poligonal é chamada de alinhamento topográfico. Esse alinhamento topográfico é formado por dois pontos topográficos. Em um triângulo com vértices A, B e C, temos três alinhamentos numa mesma direção (AB, BC, e CA), e podemos ter mais três em outra direção (AC, CB e BA). Em um retângulo, temos quatro alinhamentos em cada direção, e assim, por diante. A união de dois ou mais alinhamentos formam as poligonais. Dois alinhamentos poderão formar uma poligonal aberta. Três em diante, poderão formar poligonais abertas ou fechadas (planos).

5.3. Polígonos

Polígonos são usados para definir tanto as poligonais topográficas quanto as do terreno ou da propriedade. As primeiras são construídas como meio auxiliar para se obter as segundas.

As poligonais topográficas podem ser abertas ou fechadas, podendo aparecer conjuntamente num mesmo levantamento topográfico. As fechadas sempre possibilitam os cálculos dos erros angular e linear. As lineares também podem possibilitar os cálculos de tais erros, porém são necessários os valores das coordenadas dos pontos inicial e final deste tipo de poligonal.

6. Exercício de fixação

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

Capítulo 2

Equipamentos Topográficos

Os equipamentos de Topografia são indispensáveis para os levantamentos e locações. Dividem-se em instrumentos (equipamentos usados nas medições) e acessórios (equipamentos que auxiliam na medição). Como exemplos de instrumentos têm-se: estação total, nível de luneta, teodolito, trena, distancíometro eletrônico, mira-falante (quando usado como trena), receptor GNSS (instrumento da Geodésia), entre outros. Como exemplos de acessórios têm-se mira-falante (quando usada para auxiliar o nível de luneta e teodolito utilizando seus fios), nível de cantoneira, baliza, piquete, estaca, estaca testemunha, bastão com prisma, tripé, etc.

1. Acessórios

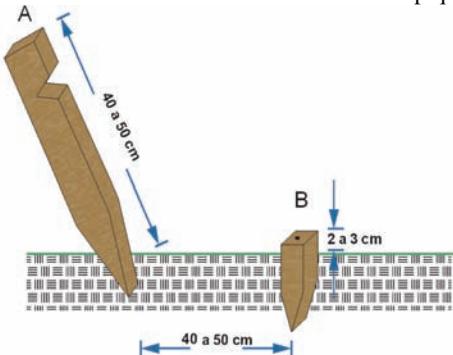
1.1. Piquetes, estacas, estacas testemunhas, pontos de pregos, pontos de tinta e pontos de parafusos.

Os piquetes (Figura 8) são utilizados para materializar os pontos topográficos. Eles podem ser feitos artesanalmente em madeira de boa qualidade para penetrar no solo. Também são fabricados por empresas especializadas utilizando plástico em sua composição. Quando são feitos em madeira, o ponto no centro é marcado por um prego ou com tinta. Para obter-se uma boa estabilidade e visibilidade ao solo, eles devem ser enterrados deixando-se 2 a 3 cm expostos.

As estacas testemunhas, possuem 40 a 50 cm de altura, apresentando como característica um corte na parte superior. Sua função é auxiliar a localização dos piquetes, pois em terrenos grandes ou locais que possuem vegetação, não é tão fácil encontrar os piquetes. Devem ser

colocadas de 40 a 50 cm afastada dos piquetes e com o corte da parte superior virado para o lado inverso onde se encontra o piquete (Figura 8).

Figura 8 – Em A estaca testemunha e em B o piquete.



As estacas (Figura 9), normalmente, são constituídas em madeira de boa qualidade, medindo em torno de 40 a 50 cm. Elas servem para trabalhos de estakeamento, que é uma técnica onde se colocam todas as estacas alinhadas, objetivando-se o levantamento topográfico. Após o levantamento e realização do projeto, escrevem-se nas estacas os valores correspondentes de cortes e aterros na locação altimétrica.

Figura 9 – Estaca.



Tinta, prego, parafuso servem para materializar os pontos topográficos em locais onde haja resistência do material a ser penetrado, onde os piquetes não teriam condições de ser colocados. Como por exemplo desses materiais têm-se o concreto em geral, estradas, ruas, pisos de casa, calçadas, prédios, entre outros.

Devem-se fixar os materializadores de pontos em locais definitivos de forma que as ações do homem, animais e natureza não interfiram retirando-os dos locais de interesse. Esses locais devem ser

preservados para uma possível volta ao local de trabalho visando-se correções.

1.2. Balizas

A baliza é um acessório utilizado para facilitar a visualização dos pontos topográficos, materializados por piquetes, no momento da medição dos ângulos horizontais (Figura 10). É utilizada também para auxiliar no alinhamento de uma poligonal, perfil, seção transversal e na medição da distância horizontal através de trena (Figura 11), e também, juntamente com a trena, serve para medir ângulos de 90° (Figura 12). Apresenta coloração vermelha e branca para contrastar com a vegetação e o céu claro, facilitando sua identificação em campo. É dividida em 4

Figura 10 – Em A, a baliza servindo para auxiliar a medição do ângulo horizontal. Em B, posição correta que se coloca a baliza sobre o piquete.

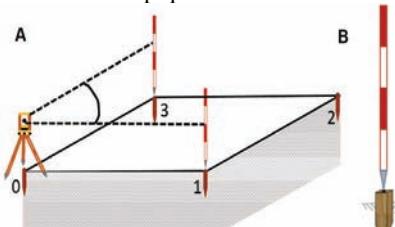


Figura 11- Balizas auxiliando na medição da distância horizontal com a trena em um declive e auxiliando o alinhamento “perfeito” entre os pontos A e B.

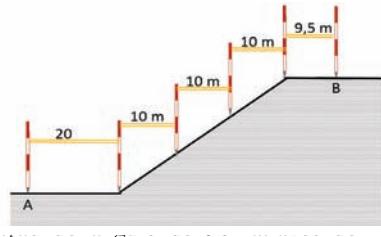
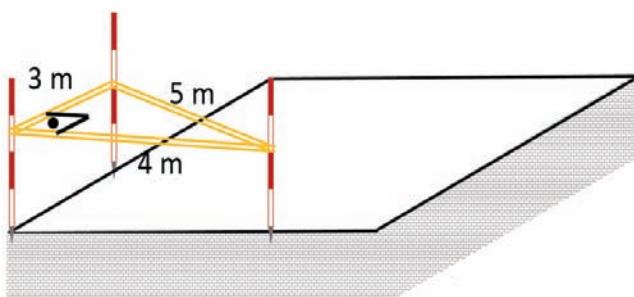


Figura 12- Baliza auxiliando na fórmula Teorema de Pitágoras.



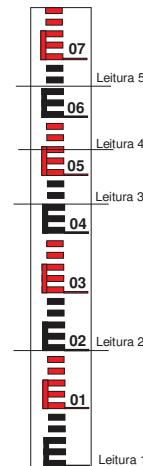
segmentos de 0,5 m, possuindo ao total 2 m de comprimento, sendo de ferro, alumínio ou madeira.

1.3. Miras-falantes

As miras falantes, também chamadas de miras estadimétricas ou estádia, são réguas centimetradas que servem para auxiliar as medições de distâncias horizontais, através da Taqueometria, utilizando os fios superior, médio e inferior e distâncias verticais com o uso do fio médio.

Sua leitura é realizada em milímetros, onde cada barrinha centimetrada equivale a 10 mm. Deve ser colocada totalmente verticalizada e em cima do ponto a ser trabalhado. Existem diversos tamanhos de miras falantes e seu material pode ser madeira ou alumínio. Este último é mais usado devido ao menor peso. É importante também salientar, devido ao material metálico, que seu uso deve ser evitado nos dias de chuva por conta de perigo devido a relâmpagos, pois o material poderá servir de para-raios. A Figura 13 mostra exemplos de algumas leituras realizadas em miras falantes com uso do teodolito ou do nível de luneta. As leituras 1, 2, 3, 4, e 5 são aproximadamente 0 mm, 200 mm, 450 mm, 545 mm e 653 mm, respectivamente.

Figura 13. Simulação de 5 leituras dos fios estadimétricos na mira-falante.



1.4. Nível de cantoneira

É um pequeno acessório com um nível de bolha que pode ser acoplado às balizas, miras falantes e bastões objetivando a verticalização desses acessórios.

1.5. Tripés

São acessórios de madeira ou alumínio que servem para apoiar os teodolitos, níveis de luneta, estações totais e antenas GNSS's. Além disso auxiliam na calagem dos instrumentos. Os tripés de madeira, normalmente são mais pesados e robustos, enquanto os de alumínio apresentam-se com desenhos mais modernos e mais fáceis de carregar no campo, pois são bem mais leves que os de madeira. Esse acessório é composto de três garras, sendo uma em cada perna, que servem para fixar o tripé no terreno. Suas pernas são divididas em duas partes unidas por uma borboleta para diminuir/aumentar de tamanho, bem como ajudar na calagem. A última parte consta de uma base nivelante, também chamada de prato, onde se instala os instrumentos de topografia (Figura 14).

Figura 14 - Tripé.



2. Instrumentos

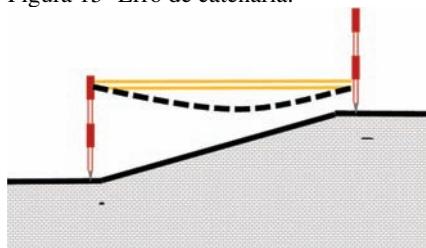
2.1. Trenas

As trenas são instrumentos muito utilizados para mensurar diferenças de nível e principalmente distâncias horizontais. Se utilizados de forma adequada proporcionam boas respostas quanto à exatidão.

No manuseio das trenas devem-se evitar os seguintes erros:

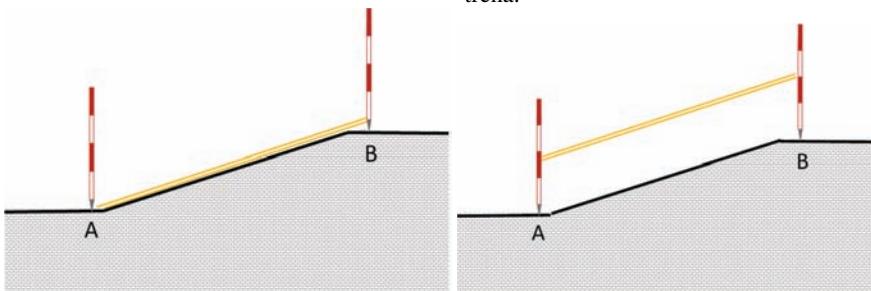
Erro de catenária (Figura 15) que é ocasionado pelo peso da trena. Devido ao peso da trena, ela tende a formar uma curva convexa voltada para baixo. O erro ocorre pois ao invés de se medir uma distância no plano (DH), mede-se um arco. Para evitá-lo, devem-se aplicar maiores forças nas extremidades das trenas.

Figura 15- Erro de catenária.



Outro erro que ocorre é a falta de horizontalidade da trena (Figura 16 e 17). Em áreas que não sejam planas, a tendência do topógrafo ou auxiliar é segurar a trena mais próxima do chão. Esse erro ocorre com bastante frequência. Nesse caso as distâncias ficam maiores do que o valor real. Para minimizar o erro, utilizam-se balizas para ajudar na horizontalidade da trena.

Figura 16- Falta de horizontalidade da trena. Figura 17- Falta de horizontalidade da trena.

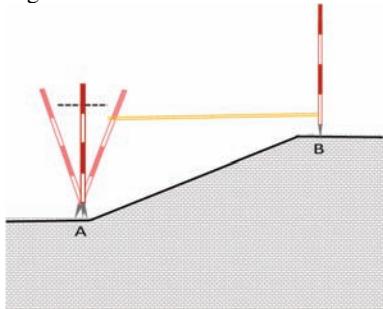


A falta de verticalidade da baliza (Figura 18) é outro erro que ocorre com bastante frequência. O topógrafo/auxiliar pode inclinar a baliza no ato da mensuração, ocasionando erro nessa medição. A distância poderá ser subestimada ou superestimada, dependendo de como for a falta de verticalização. Para verticalizar a baliza, o topógrafo poderá fazer de três maneiras: a primeira é utilizando um nível de cantoneira, a segunda é verticalizando através do fio vertical ou também chamado de

colimador e a terceira solução é utilizando a gravidade. Nesse caso o balizeiro segura a baliza e deixa atuar a gravidade e vai soltando aos poucos até atingir o ponto e de maneira verticalizada.

Outro erro comum é a dilatação do material das trenas ocasionado por tensões excessivas no material. Para minimizar isso devem-se escolher trenas de boa qualidade.

Figura 18- Falta de verticalidade da baliza.



2.2. Teodolitos

Os goniômetros são instrumentos destinados apenas a medições de ângulos verticais e horizontais, pois não possuem os fios estadimétricos. Já os teodolitos (Figura 19) são instrumentos destinados à medição de ângulos verticais e horizontais (com auxílio das balizas) e juntamente com o auxílio das miras falantes, também fazem a medição de distâncias horizontais (utilizando-se da taqueometria).

Figura 19 – Teodolitos.



planimétrica) e verticais (nivelamento taqueométrico e nivelamento trigonométrico), pois possuem os fios estadimétricos.

Os teodolitos são classificados de acordo com sua finalidade, podendo ser topográfico, astronômico ou geodésico e também classificados de acordo com a exatidão, podendo ser baixa (abaixo de 30''), média entre 07'' e 29'' e alta igual ou abaixo de 02''.

2.3. Nível de Luneta

Os níveis de luneta, níveis de engenheiro ou simplesmente níveis (Figura 20), são instrumentos que servem para mensuração de distâncias verticais entre dois ou mais pontos. Também podem ser utilizados para medir distâncias horizontais com auxílio da mira falante, aplicando-se a Taqueometria planimétrica. Estes instrumentos são formados de uma luneta associada a um nível esférico, de média precisão, e um sistema de pêndulos, que ficam no interior do aparelho, e têm a função de corrigir a calagem nos níveis ópticos automáticos, deixando-os bastante próximo do plano topográfico. Possuem também a capacidade de medir ângulos horizontais, principalmente quando são feitos trabalhos em seções transversais, porém a precisão para esses ângulos é de 1°.

Figura 20 – Níveis de luneta.



2.4. Estação Total

Estação total (Figura 21) é um instrumento eletrônico utilizado na obtenção de ângulos, distâncias e coordenadas usados para representar graficamente uma área do terreno, sem a necessidade de anotações, pois todos os dados são gravados no seu interior e descarregados para um PC, através de um software, podendo ser trabalhados com auxílio de outros softwares. Esse instrumento pode ser considerado como a evolução do teodolito, onde adicionou-se um distanciômetro eletrônico, uma memória temporária (processador), uma memória fixa (disco rígido) e uma conexão com um PC, montados num só bloco.

A estação total tem autonomia para se coletar e executar os dados ainda em campo, utilizando-se um notebook, de modo a se realizar todo o trabalho no campo, sem a necessidade de energia elétrica. Com uma estação total é possível se realizarem levantamentos, locações, determinar ângulos horizontais e verticais, distâncias verticais e horizontais, localização e posicionamento da área a ser trabalhada.

Nas medições é utilizado o conjunto bastão e prisma, colocado nos pontos a serem levantados e/ou locados. Bastão é um acessório de material metálico, em que se acopla em sua parte superior o prisma para auxílio nas medições com estação total.

Para se fazer um levantamento por coordenadas, é necessário digitar na estação total o ponto em que ela se encontra, em sistema de coordenadas, podendo essas serem UTM (verdadeiras) ou locais (atribuídas). A atribuição ou informação do ponto onde se encontra a estação total no sistema de coordenadas se chama estação ocupada. Após

Figura 21 – Estação total.



a definição da estação ocupada, se faz necessária uma orientação para a estação total no sistema de coordenadas através da RÉ (referencial), onde se coloca o bastão + prisma em um ponto com coordenadas conhecidas (X, Y e Z) ou atribui-se valor de azimute 0° ou se informa o valor verdadeiro de azimute naquele lugar, sendo um desses valores inseridos na estação total, no espaço destinado para se inserir a RÉ. Após esses procedimentos, é só começar a medir todos os pontos de interesse apertando sempre a teclar medir ou seu correspondente (dependendo da marca da estação) (Figura 22).

Quando houver necessidade de se fazer a troca de estação (ponto ocupado), são necessários dois pontos já medidos, sendo um com a estação total (informando as coordenadas daquele ponto na estação ocupada) e outro com o prisma (informando as coordenadas daquele ponto na RÉ). Depois realizam-se as medições de todos os pontos de interesse. Deve ser observado que o uso do azimute (verdadeiro, magnético ou atribuído), só poderá ser realizado para efeito de orientação da estação total na primeira

Figura 22 – Primeira estação com o uso da estação total pelo método de levantamento por coordenadas.

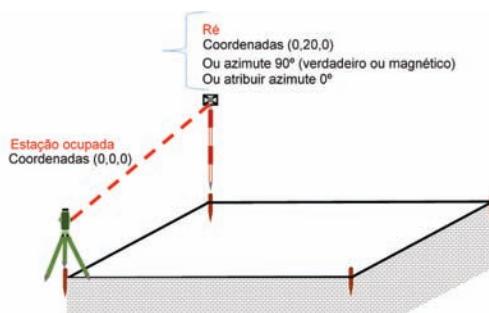
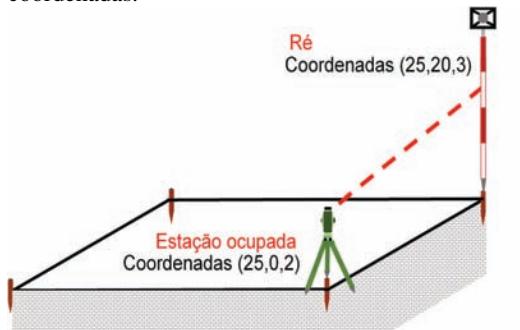


Figura 23 – Segunda estação em diante com o uso da estação total pelo método de levantamento por coordenadas.



estação (ponto ocupado). Nas demais são usados os valores já obtidos e inseridas suas respectivas coordenadas (Figura 23).

É importante também entender que estação, estação total e estação ocupada são nomenclaturas distintas. Estação total é o instrumento; estação é o local onde se encontra o instrumento; e estação ocupada são os valores de coordenadas para o local onde se encontra o instrumento. Tanto estação quanto estação ocupada são pontos topográficos.

2.5 – GNSS

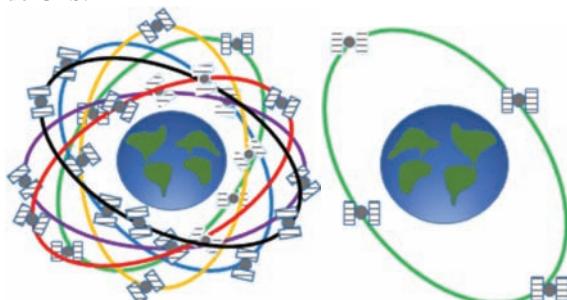
Global Navigation Satellite System – GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) são sistemas que permitem a localização tridimensional de um objeto em qualquer parte da superfície da Terra, através de aparelhos que receptam ondas de rádio emitidas por seus respectivos satélites. O GNSS inclui diversos sistemas, são eles: GPS, GLONASS, GALILEO e COMPASS.

Além dos GNSS, tem-se os sistemas regionais de navegação (Regional Navigation System – RNS) que não englobam a Terra toda, compostos por IRNSS (Indian Regional Navigational Satellite System), QZSS (Quase-Zenith Satellite System) e o BEIDOU (Beidou Navigation System), estando este último em expansão para deixar o COMPASS em funcionamento.

O Global Positioning System – GPS (Sistema de Posicionamento Global),

atualmente é o mais conhecido e de origem norte americana, foi considerado totalmente operacional em 1995. Possui atualmente 24 satélites a 20200

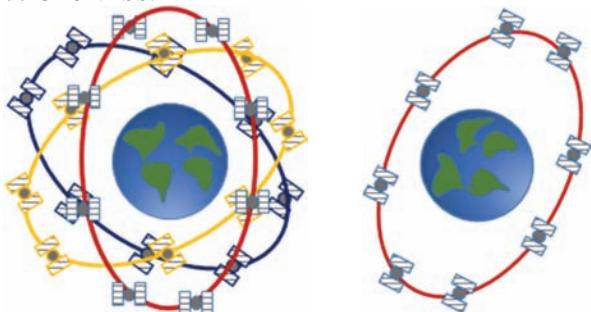
Figura 24 – Constelação (esquerda) e plano orbital (direita) do GPS.



km da superfície da Terra em 6 planos orbitais, sendo cada plano orbital com 4 satélites (Figura 24). O GPS foi inicialmente criado para fins militares, mas com o passar do tempo foi liberado para o uso civil. Atualmente não é cobrado nenhuma taxa para seu uso, mesmo que para uso extramilitar ou por qualquer país.

O Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema – GLONASS, de origem russa, foi considerado totalmente operacional em 2011. Possui atualmente 24 satélites a 19000 km da superfície da Terra em três planos orbitais, sendo cada plano orbital com 8 satélites (Figura 25).

Figura 25 – Constelação (esquerda) e plano orbital (direita) do GLONASS.



Os demais sistemas globais, Europeu (GALILEU) e Chinês (COMPASS) ainda estão em fase de construção, porém a previsão é que estejam em completo funcionamento em 2020.

. Os satélites emitem sinais analógicos em forma de ondas de rádio, chamadas de portadoras, para se comunicarem com antenas na Terra. O sistema GPS emite duas ondas portadoras: L1 (1575,42 Mhz e comprimento de onda $\lambda \approx 19$ cm) e L2 (1227,60 Mhz e comprimento de onda $\lambda \approx 24$ cm). O GLONASS também possui duas portadoras: L1 (entre 1602,0 e 1615,5 Mhz) e L2 (entre 1246,0 e 1256,5 Mhz). A portadora L1 é descodificada pelos códigos C/A (1,023 para GPS e 0,511 para GLONASS) e P (10,23 para GPS e 5,11 para GLONASS), enquanto a portadora L2 é descodificada pelo código P. Existe também um código secreto chamado de W que equacionado ao código P formam o código Y, utilizado somente para fins militares.

Para se ter a localização de um objeto na Terra são necessários no mínimo quatro satélites, porém quanto maior a quantidade de satélites

disponíveis ao receptor, melhor será a exatidão da localização geográfica da antena do receptor na superfície da Terra.

3.0 – Exercícios de fixação

- 1) Explique a diferença entre Estação Total e Teodolito.
- 2) A baliza é um acessório utilizado para que?
- 3) A mira falante é um acessório utilizado para que?
- 4) Qual a diferença entre GNSS e GPS?
- 5) Qual a diferença entre GPS e GLONASS?
- 6) Para que serve o nível de luneta?

Capítulo 3

Escala

1. Conceito

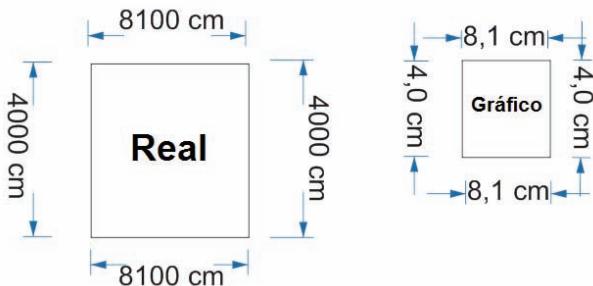
É o resultado da relação entre os tamanhos dos objetos reais e suas representações gráficas, mantendo sua proporcionalidade. Para serem estudados, alterados, incluídos e excluídos, os objetos necessitam ser representados numa folha de papel ou digitalizados através de software numa determinada escala. Objetos grandes necessitam ser reduzidos, pois ficaria inviável ou impossível trabalhar com sua representação gráfica do mesmo tamanho, enquanto que objetos muito pequenos devem ser ampliados por conta da dificuldade de serem trabalhados com o tamanho original.

Condições para que a escala seja aplicada de maneira correta

- a) As relações entre todos os lados correspondentes do objeto real e de suas representações gráficas devem ter a mesma razão.

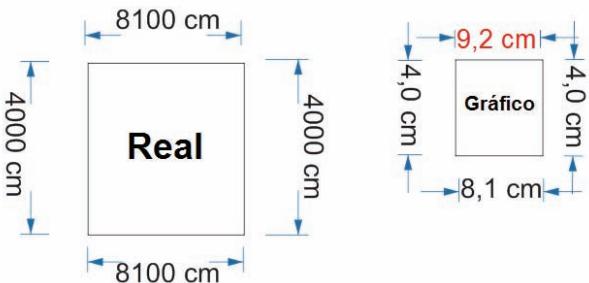
Na Figura 26 a relação entre as razões dos lados do objeto real e sua representação gráfica são iguais. Sua escala é igual a 1/1000, pois para 1 (uma) parte gráfica correspondem 1000 partes o real.

Figura 26 – Relação entre o tamanho real e tamanho de sua representação gráfica.



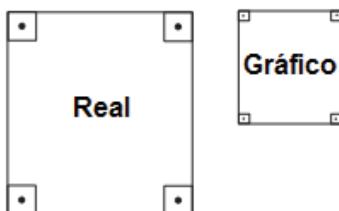
Na Figura 27 observa-se que a relação entre os lados do objeto real e sua representação gráfica não são iguais. Portanto, essa representação gráfica não está em escala.

Figura 27 – Relação entre o tamanho real e tamanho de sua representação gráfica.



b) Os ângulos devem ser iguais (Figura 28), não existindo aplicação de escalas para eles.

Figura 28 – Relação entre os ângulos do objeto real e de sua representação gráfica.



2. Representação da escala

As escalas poderão ser representadas, numericamente, de duas maneiras:

- a) 1/300; 1/5000
- b) 1:300; 1:5000

3. Relação tamanho real do objeto x representação gráfica

Quanto ao tamanho do objeto real e sua representação gráfica, as escalas dividem-se em: natural, ampliação e redução. A escala natural é aquela em que tanto o tamanho real do objeto (D), quanto sua representação gráfica (d) têm os mesmos tamanhos, como por exemplo, $D=15\text{ cm}$, $d= 15\text{ cm}$, onde $D/d = 1$, ou seja, escala de 1:1. A escala de redução é aquela em que o tamanho real do objeto (D) é maior que sua representação gráfica (d), como por exemplo, $D=1500\text{ cm}$, $d= 15\text{ cm}$, onde $D/d = 100$, ou seja, escala de 1:100. A escala de ampliação é aquela em que o tamanho real do objeto (D) é menor que sua representação gráfica (d), como por exemplo, $D=12\text{ mm}$, $d= 1200\text{ cm}$, onde $D/d = 0,01$, ou seja, escala de 100:1.

4. Relação Mapa, Carta e Planta

A diferença entre mapa, carta e planta irá variar de acordo com o tamanho da escala, e, consequentemente, com os níveis de detalhe. As plantas são caracterizadas por escalas maiores que 1:10000 (entre 1:1 e 1:10000), onde apresentam maiores detalhes dos objetos em interesse abrangendo uma menor área. Enquanto as cartas são caracterizadas por escalas entre 1:10000 e 1:500000, possuindo menores detalhes e abrangendo maior área que as plantas. Já os mapas possuem escalas menores que 1:500000, abrangendo menores detalhes e maior área que as cartas. Lembrando-se que para a Topografia o conceito de maior e menor é de acordo com a razão da escala, e não com relação ao denominador da razão ou módulo da escala. Portanto 1:100 (0,01) é maior que 1:10000 (0,0001).

5. Tipos de escalas

As escalas dividem-se quanto ao tipo em numérica e gráfica.

5.1. Escala numérica

A escala numérica fornece a relação entre os tamanhos real de um objeto e o correspondente tamanho de sua representação gráfica, em forma de razão. Ela é composta pelo Módulo (M) que equivale a quantas vezes o tamanho real do objeto é maior que sua representação gráfica (escala de redução) ou a representação gráfica é maior que o tamanho real do objeto (escala de ampliação).

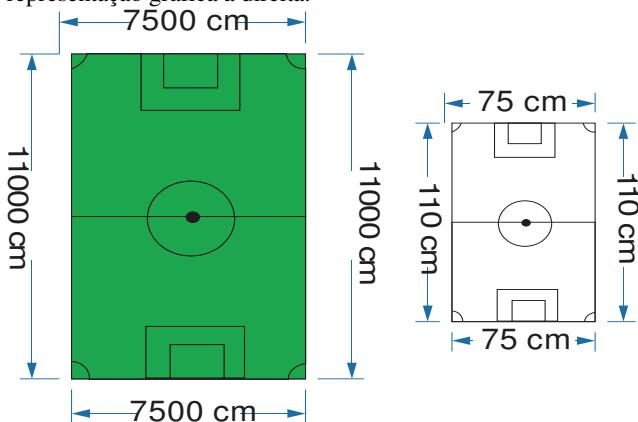
Escala de ampliação: $E=M:1$; Escala de redução: $E=1:M$

A fórmula da escala pode ser em função do módulo sendo igual à razão do tamanho real do objeto e da sua representação gráfica.

$$M = D/d$$

Como exemplo, tem-se na Figura 29 um campo de futebol, com sua representação gráfica ao lado direito. Observa-se que um dos lados do campo de futebol mede 11000 cm (110 m) e sua correspondente representação gráfica mede 110 cm. Então, $M=11000/110$, que resultará em $M=100$, pois o comprimento do objeto real é 100 vezes maior que sua representação gráfica. Como resultado sua escala será 1:100.

Figura 29 – Dimensões de um campo de futebol (esquerda) e sua respectiva representação gráfica à direita.



Quando trata-se de área, a fórmula da escala varia um pouco, mas mantém o mesmo significado.

$$M^2 = S/s$$

Para o mesmo exemplo da Figura 29, a área (S) do objeto real é de $82.500.000 \text{ cm}^2$ ou 8.250 m^2 e a área da representação gráfica (s) é 8250 cm^2 . Utilizando-se a fórmula tem-se que $M^2=82500000/8250$, onde $M= 100$, ou seja, a escala é de 1:100.

5.2. Escala gráfica

A escala gráfica é formada por uma linha ou barra dividida em partes iguais, em preto e branco, sendo que cada uma delas representa a relação do tamanho ocorrido em campo e sua respectiva representação gráfica a partir da escala numérica.

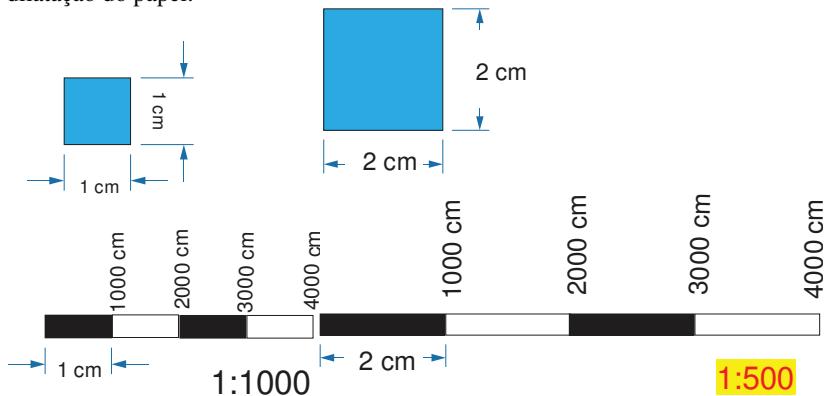
Este tipo de escala, permite facilmente, compreender as dimensões dos objetos na planta/carta/mapa. O uso da escala gráfica tem vantagem sobre o uso da numérica, pois poderá a planta/carta/mapa ser

reduzida ou ampliada através de métodos xerográficos e fotográficos, podendo-se sempre saber a escala do documento com o qual se está trabalhando. Também poderá haver dilatação do papel em função da idade e da temperatura ambiente.

Como mostra a Figura 30, na esquerda, a planta está num papel sem dilatação e na direita houve a dilatação do tamanho em duas vezes.

Note que na esquerda a figura tem 1 cm de lado que equivale no real a 10 m, pois a escala é de 1:1000.

Figura 30 – Na esquerda a planta sem a dilatação do material e na direita houve a dilatação do papel.



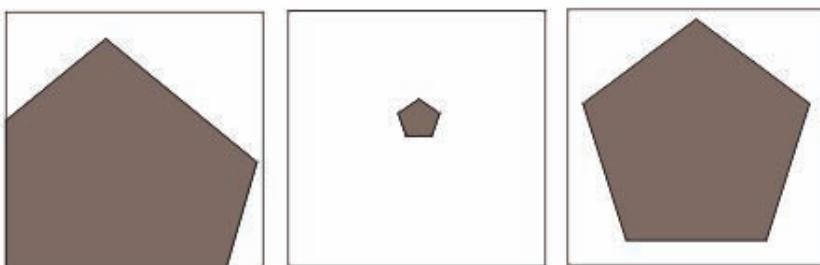
Com a ampliação ou dilatação apresentada na figura da direita, como observado pelas mudanças nas escalas gráficas, o lado passará a medir 2 cm, mas a escala numérica mudará para 1:500, o que permitirá a manutenção do valor da medida real do lado da área igual a 10 m, pois a escala gráfica acompanhou a dilatação. Se fosse observada somente a escala numérica de 1:1000, a área teria o lado com 20 m, o que estaria errado.

Poder-se-ia indagar se a área aumentou de tamanho no real ou apenas no gráfico? Logicamente que houve aumento apenas no papel e a escala gráfica é a que representa a realidade.

7. Tamanho do papel x escolha da escala

Um momento bastante importante é o da escolha do formato ou tamanho do papel a ser usado para o desenho da planta, pois dependerá da escala e tamanho da área levantada. No mercado existem diversas opções. Por isso deve-se verificar se o desenho vai caber adequadamente no papel, podendo ficar menor ou maior que o papel, como mostra a Figura 31.

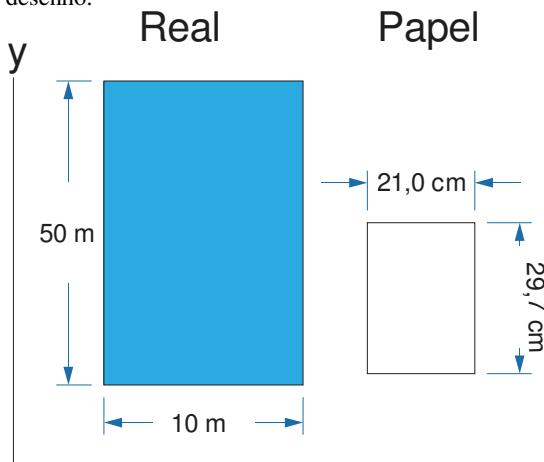
Figura 31 - Na esquerda e no meio houve mau planejamento na escolha do papel. Na direita houve bom planejamento.



Para a representação de uma determinada área, terão que ser levadas em consideração as máximas dimensões x e y reais da área, bem como as dimensões x e y do papel. Assim, ao se aplicar a relação $M=D/d$, ter-se-ão como resultados duas escalas, uma para cada eixo (Figura 32).

A escala escolhida para melhor representar a área em questão e o papel, deve ser aquela de maior módulo, pois se for usada a de menor módulo, não caberá parte do desenho no papel. Ao final, caso não se tenha encontrado uma escala ideal (1:10, 1:20, 1:25, 1:30, 1:50, 1: 75 e seus múltiplos) arredonda-se a escala para o maior valor.

Figura 32- Relação entre valores do objeto real e do desenho.



Em x: Em y:

$$M = D/d; M = D/d$$

$$M = 1000 \text{ cm} / 21 \text{ cm}; M = 5000 \text{ cm} / 27,9 \text{ cm}$$

$$M = 47,6; M = 168,38$$

$$E = 1/47,6; E = 1/168,38$$

A escala escolhida foi: $E=1/168,38$

A escala ideal a ser utilizada é 1/200

8. Exercícios de fixação

- 1) Um canal com 450 m de extensão está representado por um segmento de reta de 0,45 m. Ache a escala desta planta.
- 2) Uma planta topográfica está desenhada na escala 1: 5000. Calcule o comprimento de uma estrada que nesta planta possui 15,00 cm.

- 3) Calcular o comprimento no desenho de uma rua com 1000 m de comprimento, nas escalas de 1:200; 1:250; 1:500 e 1:1500.
- 4) Construa uma escala gráfica a partir da escala numérica de 1:5000, sabendo-se que sua divisão principal deve ser igual a 4 cm.
- 5) Num mapa, cuja escala é 1:1.000.000, uma estrada apresenta 200 km de extensão. Quanto equivale o comprimento gráfico?
- 6) Um loteamento está representado em uma planta na escala de 1: 2500 por um triângulo de perímetro igual a 120 cm, cujos dois de seus lados medem 40 e 30 cm. Calcule a área real do loteamento em m^2 e em hectares.
- 7) Uma propriedade rural está representada em uma planta na escala de 1:5000. Sabendo-se que sua área gráfica corresponde a 0,200 m^2 , pede-se: a) A sua área real em hectares; b) Se sua forma é quadrada e o seu relevo é plano, calcule o comprimento da cerca que a limita.
- 8) Em uma planta topográfica projetou-se um loteamento de forma retangular cujas dimensões são de 1,14 km e 0,64 km de lados. Sabendo-se que o mesmo deve ser representado numa folha de papel cujas dimensões úteis são 0,57 m e 0,32 m, pede-se a escala mais conveniente para o melhor aproveitamento do papel.
- 9) Um loteamento de forma circular está desenhado numa escala de 1:7000. Se sua área gráfica corresponde a 0,3500 m^2 , pede-se: a) Sua área real em hectares; b) Se este terreno é plano, qual perímetro da cerca que a limita?
- 10) Chamando-se de precisão gráfica a menor distância que podemos desenhar em uma planta topográfica (risco do lápis, caneta), e admitindo-se que este valor seja igual a 0,15 mm, será que uma casa com as dimensões reais de 20 m x 20 m pode ser representada em escala de 1:20000?

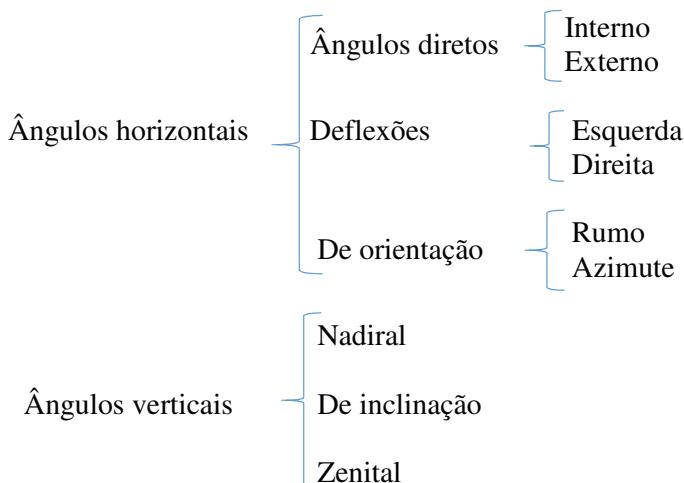
-
- 11) A escala tem unidade de medida?
- 12) Um lago possui 34.000 m^3 de água, onde sua profundidade em toda extensão é de 2 metros. A escala escolhida é de 1:1000. Qual a área gráfica do lago?
- 13) Um campo de futebol possui uma área de 700 m^2 . Qual a área gráfica sabendo-se que sua escala é de 1:1000.
- 14) Mediu-se em planta um trecho de coletor de um sistema de esgotamento sanitário, apresentando o valor de 70 cm. Sendo a escala da planta de 1:2000, o comprimento desse trecho no terreno é:
- a) 1400 cm; b) 70 m; c) 700 m; d) 140 cm; e) 1400 m; f) 14000 m
- 15) Em uma poligonal, medida em campo por Estação Total, mediu-se os alinhamentos $0-1 = 10 \text{ m}$, $1-2=25 \text{ m}$; $2-3=12 \text{ m}$ e $3-0=24,5 \text{ m}$. O azimute magnético do alinhamento 0-1 foi de 45° . Qual seria o azimute magnético do alinhamento 0-1 da poligonal, sabendo-se que a planta ficou 10 vezes menor que o tamanho real?

Capítulo 4

Ângulos importantes à Topografia

A Topografia é uma ciência que se fundamenta na Trigonometria e na Geometria. Por isso, ela usa constantemente os elementos geométricos ângulos e distâncias. É importante um estudo detalhado dos métodos e instrumentos utilizados para obtenção de ângulos e distâncias. O ramo da Topografia que estuda a utilização dos ângulos é denominado Goniologia.

A abertura do ângulo é uma propriedade invariante e é medida em radianos ou graus. O instrumento mais usado para leitura de ângulos na Topografia denomina-se goniômetro, e se possuir os fios estadimétricos se chama teodolito. Esses instrumentos têm a mesma finalidade do transferidor quando usado em uma figura no papel.



1. Ângulos horizontais topográficos

No plano horizontal, que está perpendicular ao eixo zênite-nadir, os ângulos horizontais são medidos a partir de um ponto topográfico de uma determinada poligonal, de acordo com o método a ser empregado, visando obtenção do ângulo entre dois alinhamentos considerados. É medido entre as

projeções de dois alinhamentos do local a ser levantado/locado, projetado no plano topográfico. Dependendo da origem e das direções utilizadas para leitura, os ângulos horizontais topográficos podem ser diretos, que por sua vez são divididos em interno e externo; deflexões, que subdividem-se em esquerda e direita e de orientação que subdividem-se em azimute e rumo (Figura 33).

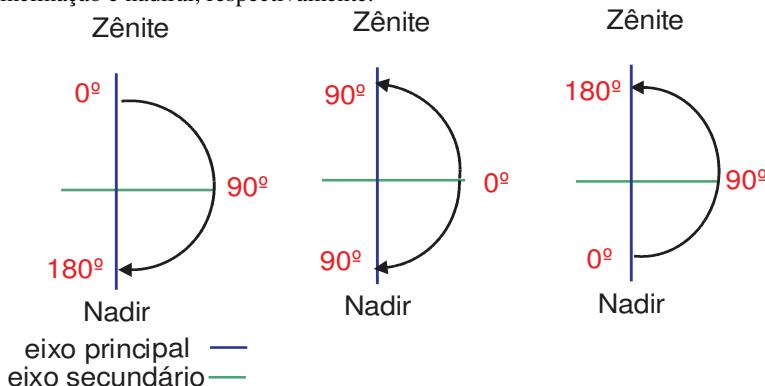
Figura 33 – Tipos de ângulos horizontais.



2. Ângulos verticais

No plano vertical, que está paralelo ao eixo zênite-nadir, os ângulos verticais são aqueles lidos a partir de uma origem escolhida pelo topógrafo, para medição desse ângulo em um determinado lugar. De acordo com o início de sua contagem, são denominados de ângulos zenitais, de inclinação e nadiral (Figura 34).

Figura 34- Na esquerda, centro e direita, esquemas dos ângulos zenithal, de inclinação e nadiral, respectivamente.



Os ângulos verticais zenitais são aqueles que o início de sua contagem é no Zênite 0°, acima do instrumento seguindo a direção da gravidade, e vai até o nadir 180°, passando pelo centro do instrumento em direção ao centro da Terra seguindo a linha da gravidade. A maioria dos teodolitos, utilizam o ângulo zenithal como seu ângulo vertical para evitar a mesma medida em direções diferentes, como por exemplo: podemos ter 46° para o acrivo e 46° para o declive em ângulo vertical de inclinação. Já no ângulo vertical zenithal a mesma situação com as medidas serão 46° e 136°.

Os ângulos verticais de inclinação são aqueles que têm seu início de contagem no plano horizontal 0° e vão até o Zênite (90°) e até o Nadir (90°), assumindo valores positivos no primeiro caso e negativos no segundo.

Os ângulos verticais nadirais são aqueles que têm sua origem no Nadir 0° e vão até o Zênite 180°.

3. Orientação de plantas

Orientação de plantas é um ramo da Topografia que permite determinar a posição exata de uma poligonal ou alinhamento topográfico sobre a superfície da Terra, a partir do norte magnético ou verdadeiro. Historicamente falando, a palavra orientação, ou seja orientar-se, deriva

da busca da direção do Oriente (Japão), local onde o sol nasce. Os povos do Oriente eram considerados bastante promissores e desenvolvidos, sendo considerados na época uma referência para os demais povos da Terra, por isso, ao referir-se à uma “orientação” se tomava como ponto de referência a parte Leste do Globo.

É bastante comum misturar o termo orientação (posição) e localização de um terreno. A palavra orientação (posição) está relacionada para uma direção de um alinhamento/poligonal baseada no norte, sul, leste, oeste, nordeste, sudeste, sudoeste e noroeste, enquanto localização está relacionado aonde se encontra um determinado vértice de alinhamento/poligonal com relação ao globo através de coordenadas, principalmente UTM e geográficas.

O norte verdadeiro (NV), também conhecido como norte geográfico (NG), é um plano que passa por um determinado ponto na superfície terrestre perpendicular ao plano do Equador. Norte Magnético (NM) é plano que passa por um ponto da superfície terrestre seguindo a direção da agulha da bússola, num dado instante. Enquanto declinação magnética é o ângulo horizontal formado entre os planos do norte magnético e geográfico. Dependendo da localização do ponto na Terra e da época de sua leitura, essa declinação poderá ser ocidental, quando o NM estiver à esquerda do norte geográfico. Poderá ser oriental, quando o NM estiver à direita do geográfico e, ainda, poderá ser nula ou coincidente, quando o norte magnético coincidir com o geográfico.

O norte verdadeiro é imutável com o passar do tempo, porém o norte magnético é dinâmico. O norte magnético varia de época para época, aumentando seu ângulo em relação ao norte verdadeiro em $10'$ por ano, chegando até 25° em relação ao norte verdadeiro, depois ele começa a voltar no sentido inverso até chegar a 25° para outra direção. Essa dinâmica se deve à grande quantidade de ferro fundido que se encontra no centro superior da Terra, onde esse ferro está sempre em movimento ocasionando essa mudança na declinação magnética. Por isso, se formam as linhas isogônicas e isopóricas. As isogônicas são linhas imaginárias que unem pontos da superfície da Terra que num mesmo instante possuem a mesma declinação magnética. Enquanto as linhas Isopóricas são linhas imaginárias que unem pontos da superfície da Terra que possuem a mesma variação anual de declinação magnética.

4. Ângulos de orientação

O Azimute é o ângulo horizontal, de orientação, que tem sua origem sempre no norte verdadeiro ou magnético até o alinhamento da poligonal em questão, variando de 0° a 360° . Se o norte utilizado for o geográfico, o resultado será um azimute geográfico; caso seja o norte magnético o resultado será um azimute magnético (Figura 35). Numa poligonal, com formato de um retângulo por exemplo, podem existir quatro alinhamentos no sentido anti-horário ($0-1; 1-2; 2-3$ e $3-0$) (Figura 36), como também quatro alinhamentos no sentido horário ($0-3; 3-2; 2-1$ e $1-0$).

Figura 35 – Círculo Azimutal.

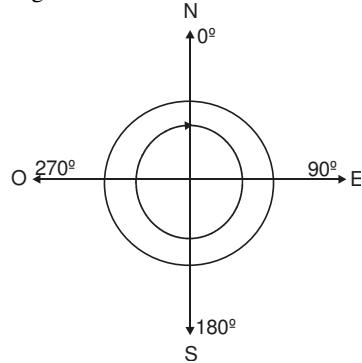
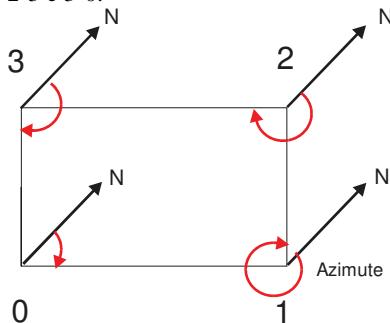


Figura 36 – Azimutes dos alinhamentos $0-1$, $1-2$, $2-3$ e $3-0$.



O Rumo é o menor ângulo horizontal, de orientação, formado pela orientação norte magnética, norte geográfica, sul magnética ou sul geográfica até o alinhamento da poligonal em questão. Se caso o norte/sul for geográfico, o resultado será um rumo geográfico e se caso o norte/sul for magnético, o resultado será um rumo magnético. Esse ângulo de orientação tem sua origem no norte ou sul (onde estiver mais próximo do alinhamento em questão) até o alinhamento no sentido horário ou anti-horário, onde estiver mais próximo do alinhamento, variando de 0° a 90° .

Por variar de 0° a 90° , podem existir, por exemplo, 4 rumos com

45° partindo de várias direções. Portanto, todos os rumos devem informar os pontos colaterais, NE, SE, SO e NO. Assim, teremos: 45° NE, 45° SE, 45° SO e 45° NO, onde os Rumos poderão variar de 0° a 90° (NE), 0° a 90° (SE), 0° a 90° (SO), 0° a 90° (NO) (Figuras 37 e 38). Numa poligonal,

Figura 37 – Círculo do Rumo.

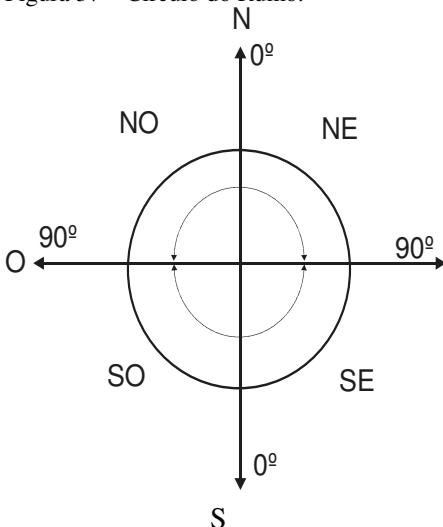
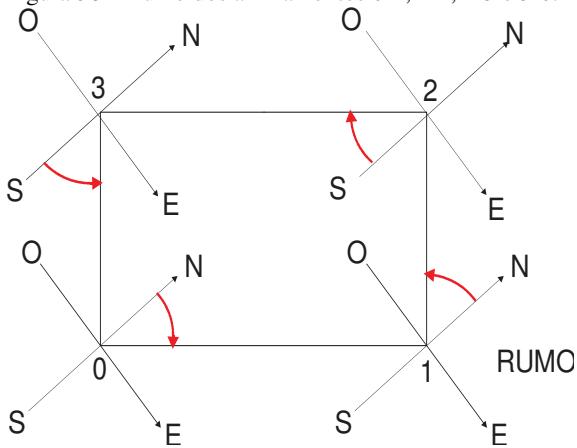


Figura 38 – Rumo dos alinhamentos 0-1, 1-2, 2-3 e 3-0.



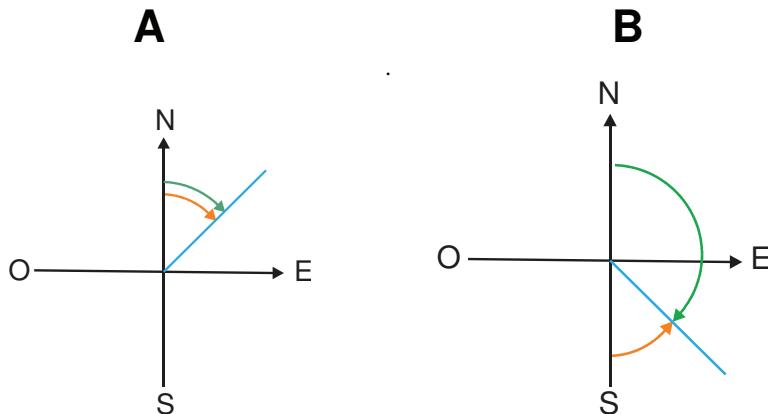
como por exemplo, um retângulo, podem existir quatro alinhamentos no sentido anti-horário (0-1;1-2;2-3 e 3-0), como também quatro alinhamentos no sentido horário (0-3; 3-2; 2-1 e 1;0).

5. Transformação de Azimute em Rumo e vice versa

No primeiro quadrante - Neste caso, em se tratando do Rumo, o alinhamento está mais próximo do norte e no sentido horário. Portanto, há uma coincidência entre azimute e rumo. Então, $Az = R$ para o primeiro quadrante (Figura 39A).

No segundo quadrante - Neste caso, em se tratando do Rumo, o alinhamento está mais próximo do sul e no sentido anti-horário. Portanto, $Az + R = 180^\circ$ para o segundo quadrante (Figura 39B).

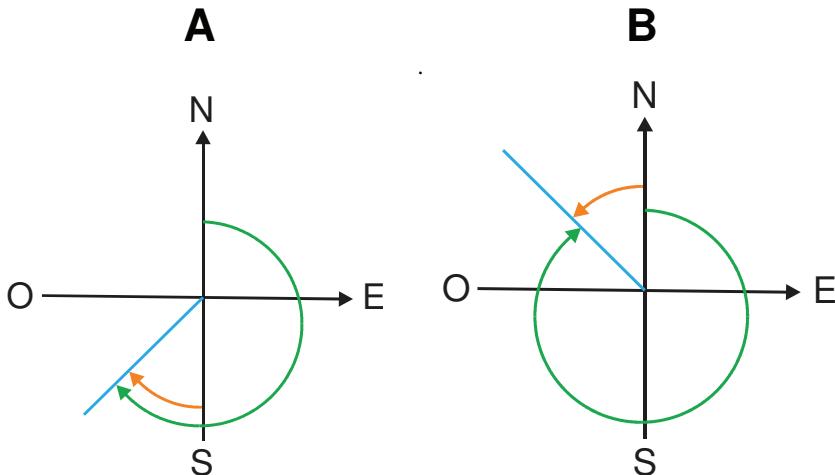
Figura 39- Transformação de Azimute e Rumo. Em A, no primeiro quadrante, e em B no segundo quadrante. A coloração verde representa o Azimute e laranja o Rumo.



No terceiro quadrante - Neste caso, em se tratando do Rumo, o alinhamento está mais próximo do sul e no sentido horário. Portanto, $Az=180^\circ + R$ para o terceiro quadrante (Figura 40A).

No quarto quadrante - Neste caso, em se tratando do Rumo, o alinhamento está mais próximo do norte e no sentido anti-horário. Portanto, Az = $360^\circ - R$ para o quarto quadrante (Figura 40B).

Figura 40- Transformação de Azimute e Rumo. Em A, no terceiro quadrante, e em B no quarto quadrante. A coloração verde representa o Azimute e laranja o Rumo.



6. Aviventação de Azimutes e Rumos

Aviventação é a terminologia dada ao processo atualização dos azimutes e rumos magnéticos de uma determinada poligonal, na data de sua medição anterior para a atualidade, devido à dinâmica ou mudança que ocorre com o norte magnético.

7. Exercícios de fixação

1- O rumo magnético do alinhamento (2-3) é de $43^\circ 20' 00''$ SO. A declinação magnética do local é de $12^\circ 12' 00''$ oriental, pede-se:

- a) Azimute magnético
- b) Rumo verdadeiro

c) Azimute verdadeiro

2- O azimute magnético do alinhamento (3-2) é de $120^\circ 10'00''$. A declinação magnética do local é igual a 0, pede-se:

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

3- O rumo magnético do alinhamento (3-0) é de $42^\circ 10'$ SO. A declinação magnética do local é de $12^\circ 10'$ oriental, pede-se:

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

4- O rumo magnético do alinhamento (0-1) era de $40^\circ 00' 00''$ NO em agosto de 1987. Sabendo-se que a declinação magnética local era de 12° negativa e a variação média anual da declinação magnética é de $10'$ positiva, pede-se:

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

5- O rumo magnético do alinhamento (1-2) era de $45^\circ 00' 00''$ NE em agosto de 1989. Sabendo-se que a declinação magnética local era de $10^\circ 00' 00''$ ocidental e a variação média anual da declinação magnética é de $10'$ esquerda, pede-se:

- a) Declinação magnética atual
- b) Rumo magnético atual

- c) Rumo geográfico
- d) Azimute magnético atual
- e) Azimute geográfico

6- O rumo magnético do alinhamento (0-1) era de $45^{\circ} 00' 00''$ SE em agosto de 1997. A declinação magnética do local era de $13^{\circ} 00' 00''$ oriental. A variação média anual de declinação magnética é de $10'$ esquerda, pede-se:

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

7- O rumo magnético do alinhamento (0-1) era de $42^{\circ} 00' 00''$ SO em Agosto de 1989. A declinação magnética do local era de $10^{\circ} 00' 00''$ oriental. A variação média anual de declinação magnética é de $10'$ esquerda, pede-se:

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

8- O rumo magnético do alinhamento (0-1) era de $31^{\circ} 00' 00''$ SO em agosto de 2003. A declinação magnética do local era de $09^{\circ} 00' 00''$ oriental. A variação média anual de declinação magnética é de $10'$ esquerda, pede-se:

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

Capítulo 5

Medições de distâncias horizontais

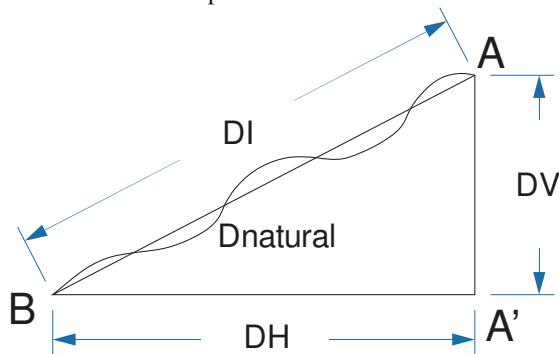
1. Distâncias topográficas

As distâncias são elementos lineares fundamentais para a Topografia, pois para se caracterizar um terreno necessitam-se de figuras geométricas

formadas por distâncias e ângulos. As principais distâncias que ocorrem na Topografia são: distância horizontal (DH), distância vertical (DV), distância inclinada (DI) e distância natural do terreno (Dnatural) (Figura 41).

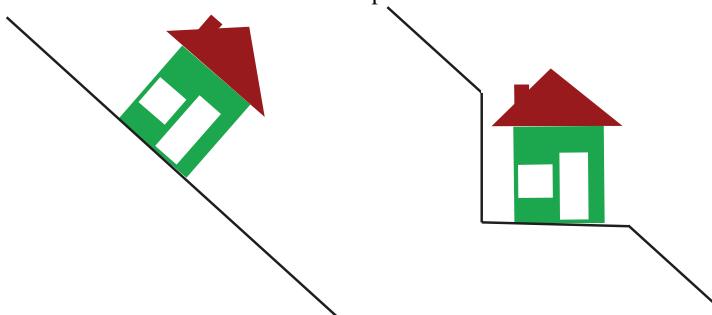
A distância horizontal (DH) é uma distância entre dois pontos situados em um plano horizontal (perpendicular ao eixo zênite-nadir). Pode também ser chamada de distância reduzida ou distância útil à Topografia. É considerada útil, pois a partir dela pode ser desenvolvida a maioria dos usos e interesses da sociedade em nível de propriedade, como por exemplo, a construção de casas. É o caso de um terreno com uma

Figura 41 – Demonstração através de perfil de um terreno, das distâncias horizontal, vertical e inclinada entre dois pontos A e B.



declividade acentuada e onde se queira construir uma casa. Logicamente que a casa não será construída no plano inclinado. Terá que se fazer um corte no terreno para a construção da casa. Então, conclui-se que a distância inclinada não será utilizada, sendo a distância reduzida ou horizontal a que será utilizada para esse fim. O mesmo se aplica para diversos usos, como o plantio de árvores, tanques para criação de peixes, cultivo de arroz, criação de animais, entre outros (Figura 42).

Figura 42 - Na esquerda, casa inadequadamente construída em terreno inclinado. Na direita casa construída corretamente em um plano horizontal.



A distância vertical (DV) é a distância perpendicular à distância horizontal, ou ainda, paralela ao eixo zênite-nadir. Como distâncias verticais temos a diferença de nível, cota e altitude de pontos no terreno.

A distância inclinada (DI) é a distância em linha reta que une dois pontos em que a DH e a DV sejam diferentes de zero.

Distância natural do terreno (Dnatural) é a distância que percorre naturalmente a superfície do terreno.

2. Precisão e acurácia (exatidão)

A Topografia vem ao longo do tempo tendo resultados bastante espantosos quanto à precisão e à acurácia na obtenção de medidas. Antes os erros métricos eram considerados toleráveis, já hoje são os milimétricos para distâncias e segundos para ângulos. Diante disso, surgem dois conceitos importantes em busca do aprimoramento deste aperfeiçoamento, quais sejam: acurácia (exatidão) e precisão.

A precisão é obtida quando são realizadas diversas mensurações, as quais resultam em valores bastante próximos uns dos outros. Na

verdade, pode-se dizer que precisão é algo relativo, pois comparam-se diferenças de valores de medidas entre si, podendo ou não estarem próximas do valor real. Quanto mais próximos os valores obtidos, maior será a precisão. Já a acurácia (exatidão) é relacionada à proximidade dos valores obtidos de uma medida com relação ao valor real dessa medida. Assim, quanto mais próximos os valores obtidos estiverem do valor real de uma medida, maior será a acurácia. Então, pode-se notar que, as duas maneiras de se falar são diferentes e independentes. O grau de precisão/acurácia vai variar da metodologia aplicada, dos instrumentos, do tempo e do operador. Na verdade, por mais modernos que sejam os instrumentos e métodos de medição, e por mais repetições que se façam na obtenção de valores de uma medida, nunca se saberá com certeza qual o valor real da grandeza medida.

3. Tipos de medições

As medições dividem-se em: por estimativas, diretas e indiretas

3.1. Estimativa visual é um tipo de medição com pouca acurácia e que a diminuição ou aumento da acurácia vai depender da acuidade visual do mensurador, como por exemplo do topógrafo, principalmente da experiência que ele tenha. Essa estimativa serve para fazer um trabalho inicial para se ter noção do tamanho de uma área por exemplo, porém após a análise preliminar ter-se-ão que utilizar os procedimentos exigidos de medição direta/indireta.

3.2. Medições diretas

As medições diretas ocorrem quando são feitas sem a necessidade do emprego de funções matemáticas para obtenção de determinada medida, como por exemplo: passo médio, trena, hodômetro, entre outras menos comuns.

O hodômetro é um instrumento pouco utilizado na Topografia, que faz a medição de um determinado comprimento a partir da contagem do número de voltas dadas por uma roda, multiplicado pelo comprimento do perímetro do hodômetro. Este instrumento irá percorrer o caminho de

acordo com a conformidade do terreno. Para obtenção de distâncias horizontais e verticais em terrenos inclinados, esburacados, sinuosos, o instrumento de medição não será tão eficiente, podemos chegar a erros extremamente grandes por não percorrer, nesse caso, a distância horizontal ou vertical desejada.

Passo médio é um tipo de medição onde o topógrafo calcula qual o valor médio de sua passada em condições normais. Para se obter o valor do passo médio, é colocado um alinhamento de 100 m, onde o profissional contará a quantidade de passos que dará nessa distância e utilizando a fórmula Distância percorrida / quantidade de passos = passo médio (PM), chegará a saber qual o valor de seu passo médio. Por exemplo, se ele executar 200 passos em 100 m, o seu passo médio será de 0,5 m. Esse procedimento deve ser realizado pelo menos três vezes, onde o topógrafo deverá andar num alinhamento, longe de condições psicológicas que afetem a distorção entre um passo e outro.

Outro tipo de procedimento de se obter as distâncias de maneira direta é utilizando a trena.

3.3. Medições indiretas

As medições indiretas são aquelas que requerem o uso de funções matemáticas para se obterem as distâncias. Dividem-se em eletrônica e taqueométrica (estadimétrica).

As medições indiretas eletrônicas são realizadas por instrumentos que se utilizam do laser para fazer as medições. A distância é calculada através do tempo em que o laser leva para sair do equipamento e atingir o prisma ou objeto. Os instrumentos mais comuns para obtenção das distâncias de maneira indireta são distanciômetro eletrônico (em desuso), a trena eletrônica e a Estação Total.

A Taqueometria ou estadimetria é um tipo de medição indireta que tem como princípio determinar a distância horizontal entre um ponto e outro utilizando-se um instrumento (teodolito e nível de luneta) e o acessório mira falante através da relação entre as leituras dos fios estadimétricos e os valores de constantes do instrumento.

Os equipamentos envolvidos para a Taqueometria, são: teodolito, mira-falante e tripé ou nível de luneta, mira-falante e tripé. Os fios estadimétricos utilizados para esses procedimentos são o fio superior e o fio inferior. Esses fios são paralelos entre si e equidistantes ao fio médio ou também chamado de fio nivelador.

O princípio da Taqueometria:

Como mostra a Figura 43, os três fios, em forma de imagem, são gerados a partir do meio da luneta, coincidindo com o ponto topográfico, saindo do instrumento e interceptando a mira falante através dos fios superior, médio e inferior, formando um triângulo. Através da fórmula de semelhança de triângulos, temos a seguinte fórmula:

$$\frac{OB}{ob} = \frac{AC}{ac}$$

OB é a distância horizontal (DH) do ponto onde está o teodolito/nível de luneta até o ponto onde está a mira-falante. É essa distância (DH) que desejamos descobrir, dado a fórmula:

$$\frac{DH}{ob} = \frac{AC}{ac}$$

ob e ac são, respectivamente, a distância focal (f) e altura focal (h). Essas duas distâncias estão relacionadas entre si. A razão entre distância focal e altura focal é uma constante de valor igual a 100 para todos os equipamentos na atualidade, com objetivo de facilitar os cálculos, resultando da fórmula abaixo.

$$\frac{DH}{f} = \frac{AC}{h} \quad \text{Relação } f/h = 100$$

AC é simplesmente a diferença entre fio superior e inferior.

$$\frac{DH}{f} = \frac{FS-FI}{h}$$

Separando o DH, temos:

$$DH = \frac{f(FS-FI)}{h}$$

OU

$$DH = 100(FS-FI)$$

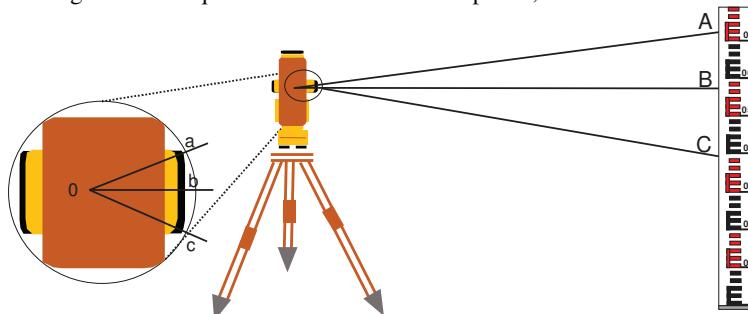
Todas as leituras dos fios são feitas em milímetro. Se for desejada a resposta do DH **em metros**, será necessária a divisão por 1000, conforme a fórmula abaixo.

$$DH = \frac{100(FS-FI)}{1000}$$

Para simplificar a fórmula faz-se a divisão 100/1000.

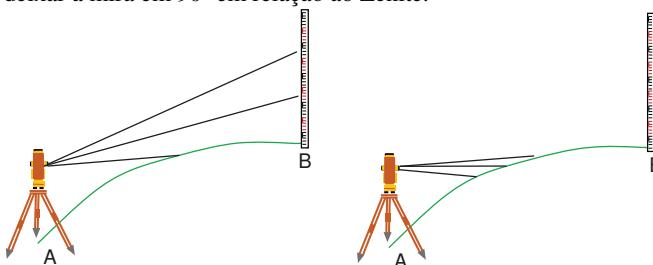
$$DH(m) = \frac{(FS-FI)}{10}$$

Figura 43 – Esquema da leitura dos fios superior, médio e inferior.



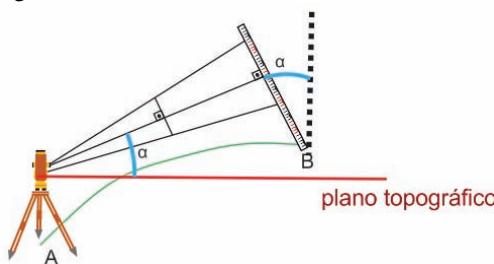
Como se vê, para a formação da semelhança de triângulos, e essa fórmula ficar coerente, é necessário que a luneta esteja em 90° em relação ao Zênite. Caso contrário, resultará numa variação dessa fórmula. Existem situações nas medições entre dois pontos onde o terreno é muito inclinado, necessitando de um giro vertical da luneta para se realizar a leitura dos três fios. Caso não seja feito este giro, resultará algo parecido com a Figura 44.

Figura 44 – Interceptação incompleta ou não interceptação dos três fios na mira-falante ao deixar a mira em 90° em relação ao Zênite.



Ao se girar a luneta em um determinado ângulo alfa, a partir do plano topográfico, podem ser visualizados os três fios. Porém, para se ter a semelhança de triângulos, teremos que ter a mira-falante a um ângulo alfa igual ao que girou na luneta, como mostra a Figura 45.

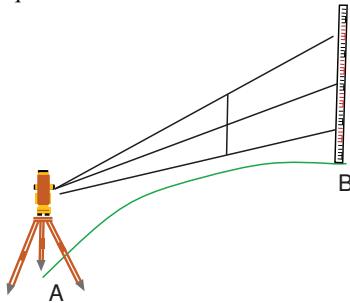
Figura 45 – Esquema de como deveria estar a mira falante quando se trata apenas de semelhança de triângulos.



Como se sabe, a distância pretendida (DH) não vai ser obtida, caso a mira falante esteja inclinada, devido ao fato de não se ter certeza

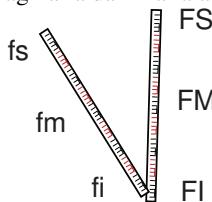
do quanto a mira deve ser inclinada em função do ângulo vertical de inclinação alfa obtido no teodolito. Portanto, para se obter o DH a mira terá que ficar verticalizada, como mostra a Figura 46.

Figura 46 – Esquema com a mira falante verticalizada.



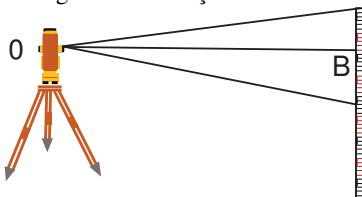
Para se calcular o DH, deve-se fazer uma correção da posição da mira que faz a semelhança de triângulos e a posição da mira verticalizada, como mostra a Figura 47. Sendo fs , fm e fi leituras sem a correção e FS , FM e FI a leitura correta.

Figura 47- Inclinação imaginária da mira falante para obtenção da DH.



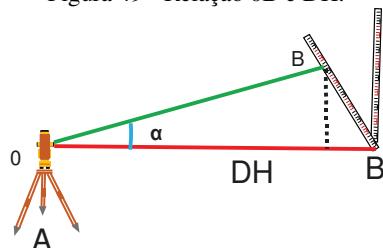
Na situação sem girar a luneta, tem-se uma coincidência de DH com 0B, como mostra a Figura 48.

Figura 48 - Relação 0B e DH.



Na situação em que se gira a luneta, em que 0B é diferente de DH, é necessária a realização da conversão (Figura 49):

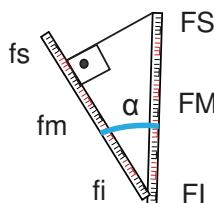
Figura 49 - Relação 0B e DH.



$$\text{DH (reduzido)} = 0B (\text{fs-fi}) \times \cos \alpha$$

Para essa situação, $0B = \text{fs-fi}$. Nesse caso, deveremos fazer a correção para a leitura do 0B que leia os FS – FI (Figura 50).

Figura 50 - Relação fs, fm, fi, FS, FM e FI.



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

\downarrow

$$DH = \frac{(FS-FI) . \cos \alpha . \cos \alpha}{10}$$

Então,

$$DH \text{ (m)} = \frac{(FS-FI) . \cos^2 \alpha}{10}$$

4. Exercícios de fixação

- 1) Quais são as medidas diretas e indiretas de distâncias?
- 2) Calcular a DH, sabendo-se que ao instalar o teodolito, o topógrafo obteve os seguintes dados: $\alpha = 0^\circ 00' 00''$, FS = 2500 mm, FM = 2300 mm e FI = 2100 mm.
- 3) Calcular a DH, sabendo-se que ao instalar o teodolito, o topógrafo obteve os seguintes dados: $\alpha = 30^\circ 00' 00''$, FS = 2000 mm, FM = 1500 mm e FI = 1000 mm.
- 4) Calcular a DH, sabendo-se que ao instalar o teodolito, o topógrafo obteve os seguintes dados: $z = 45^\circ 00' 00''$, FS = 3500 mm, FM = 3000 mm e FI = 2500 mm.
- 5) Calcular a DH, sabendo-se que ao instalar o teodolito, o topógrafo obteve os seguintes dados: $z = 30^\circ 00' 00''$, FS = 2000 mm, FM = 1500 mm e FI = 1000 mm.
- 6) Calcular a DH, sabendo-se que ao instalar o teodolito, o topógrafo obteve os seguintes dados: $z = 90^\circ 00' 00''$, FS = 2000 mm, FM = 1500 mm e FI = 1000 mm.

Capítulo 6

Levantamento Topográfico Planimétrico

1. Conceito

Levantamento topográfico planimétrico são vários procedimentos topográficos, sem considerar o relevo, visando a representação gráfica de uma área do terreno através da obtenção de elementos necessários como ângulos, distâncias, localização geográfica e posição ou orientação. O levantamento topográfico planimétrico divide-se em poligonação ou caminhamento; irradiação; interseção, ordenadas e coordenadas.

Antes de fazer qualquer levantamento, o topógrafo deverá fazer m reconhecimento do terreno; escolher os vértices da poligonal; se necessário providenciar confecção de piquetes, estacas, estacas testemunhas; fazer um esboço do local denominado de croqui; decidir sobre qual ou quais tipos de levantamentos topográficos planimétricos irá empregar para fazer o levantamento.

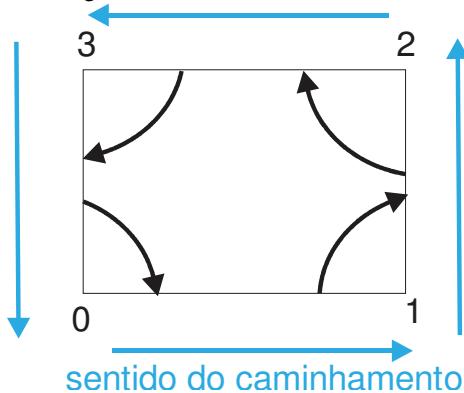
2 Tipos de levantamentos topográficos planimétricos

2.1. Poligonação ou caminhamento

O método do caminhamento é realizado através de cada vértice da poligonal topográfica, medindo-se ângulos e distâncias, percorrendo-se (caminhando) para outro vértice, fazendo-se o mesmo procedimento. No início é feita a leitura do azimute no primeiro vértice para cálculos posteriores dos demais.

Por questão de convenção, devido aos teodolitos antigos que mediam apenas num sentido (horário), os ângulos dos vértices, devem ser lidos no sentido horário, visando-se o vértice anterior, zerando-se o ângulo horizontal e visando-se o vértice posterior fazendo-se a leitura do ângulo no vértice em que se encontra o teodolito. Desta forma o processo do caminhamento ou poligonação é feito no sentido anti-horário (Figura 51).

Figura 51 – Sentido anti-horário do caminhamento numa poligonal fechada e leitura dos ângulos internos no sentido horário.



Procedimento do caminhamento ou poligonação:

Após o reconhecimento inicial do terreno e marcados todos os vértices da poligonal a ser levantada, é o momento das medições de ângulos e distâncias da mesma. Tomando-se como exemplo a poligonal com 4 lados da Figura 51, primeiramente, estaciona-se (instala-se) o teodolito ou estação total sobre o ponto 0 (zero). Faz-se o processo de centragem¹ e calagem² do equipamento.

Após a centragem e a calagem, com auxílio da bússola e uma baliza, o topógrafo determina a direção do norte magnético para medição do azimute magnético do alinhamento 0-1. Para a medição do ângulo interno a partir do ponto 0 (zero), o topógrafo faz uma visada de ré pedindo a um auxiliar para que segure uma baliza, de forma verticalizada, sobre o ponto topográfico 3, zerando o ângulo horizontal do instrumento e medindo o ângulo até a baliza de vante localizada no ponto 1. Para a medição das distâncias 3-0 e 0-1, o topógrafo poderá utilizar-se de uma trena comum, trena eletrônica ou mira-falante para medir através da taqueometria, como visto no capítulo 5.

Com o término das leituras de ângulos e distâncias no vértice 0, o topógrafo caminha até o vértice 1. Neste vértice, ele poderá fazer as medições das distâncias 0-1 e 1-2. A medição do ângulo será medido através da ré em 0 e a vante em 2.

No vértice 2 poderá fazer as medições das distâncias 1-2 e 2-3. A medição do ângulo será realizada através da ré em 1 e a vante em 3.

Após o término do vértice 2, o topógrafo caminha até o vértice 3. Neste vértice, ele poderá fazer as medições das distâncias 2-3 e 3-0. A medição do ângulo será realizada através da ré em 2 e a vante em 0.

Vale salientar que os alinhamentos podem ser medidos duas vezes, através de vértices diferentes, para que seja feita uma comparação e se há coerência nas medições.

Na prática, em poligonais com muitos vértices, mesmo com a realização do reconhecimento da área, os vértices de vante são determinados à medida em que se faz o caminhamento. Por isso não se tem certeza onde ficará o último vértice, necessitando-se instalar o instrumento duas vezes no primeiro vértice, sendo uma instalação no início e outra no final ou fechamento da poligonal topográfica.

¹Centragem - Coloca-se o teodolito juntamente com o tripé sobre o ponto topográfico. Através do prumo ótico, a laser ou fio de prumo centra-se o equipamento no ponto topográfico.

²Calagem - Através das pernas do tripé, cala-se o equipamento com o nível circular (calagem mais grosseira). Após esse procedimento, cala-se refinadamente o equipamento com auxílio do nível tubular, através dos parafusos calantes.

Erro angular:

O erro é inerente a qualquer medição. Para um levantamento planimétrico por caminhamento podemos controlar (calcular, corrigir ou descartar) o erro angular, conhecendo-se a forma geométrica da poligonal e as regras para somas de ângulos.

Soma dos ângulos internos = $(n-2) \cdot 180^\circ$, sendo n o número de vértices ou lados da poligonal fechada.

Como exemplo, em um retângulo, tem-se:

$$S_{\text{Retângulo}} = (4-2) \cdot 180^\circ = 360^\circ$$

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

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

Para o cálculo das correções:

Caso o resultado do somatório dos ângulos internos do levantamento seja maior que $2'$ (para o retângulo), deverá o topógrafo fazer um novo levantamento. Caso seja menor ou igual, serão feitas as correções através de compensações.

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

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

No caso do exemplo do retângulo com erro de $2'$ para mais ou para menos, realiza-se a correção determinando-se a diferença do somatório dos ângulos internos de um retângulo perfeito pelo somatório dos ângulos internos obtidos no levantamento da poligonal.

Assim tem-se que:

Para erro de $02' 00''$ para mais,

$$360^\circ 00' 00'' - 360^\circ 02' 00'' = -02' \\ -02'/4 \text{ ou } 120''/4 = -30''$$

Deverá ser feita a compensação subtraindo-se $30''$ em cada um dos 4 vértices da poligonal.

Ou

Para erro de $02' 00''$ para menos,

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

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

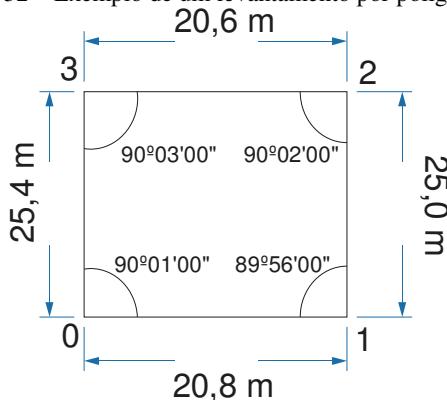
Deverá ser feita a compensação somando-se $30''$ em cada um dos 4 vértices da poligonal.

A tabela a seguir é um exemplo de como se procede o preenchimento e compensações dos ângulos internos da poligonal fechada na Figura 52, com erro a mais de $02' 00''$.

Estações	Pontos visados	Leituras			DH (m)	Ângulos internos	C	AC
		FS	FM	FI				
0	1	1608	1504	1400	20,8	$90^\circ 01' 00''$	$30''$	$90^\circ 00' 30''$
1	2	1900	1775	1650	25	$89^\circ 56' 00''$	$30''$	$89^\circ 55' 30''$
2	3	2106	2003	1900	20,6	$90^\circ 02' 00''$	$30''$	$90^\circ 01' 30''$
3	0	1654	1527	1400	25,4	$90^\circ 03' 00''$	$30''$	$90^\circ 02' 30''$

C- Correções, AC- ângulos internos corrigidos.

Figura 52 – Exemplo de um levantamento por poligonização.

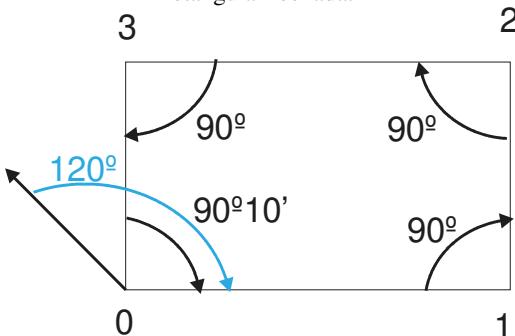


Orientação:

Todo trabalho realizado em campo deve ser orientado. O instrumento utilizado para orientação é a bússola. O procedimento de orientação da poligonal deve ser concomitante ao procedimento do método de caminhamento.

No vértice 0, se faz a leitura do azimute magnético do alinhamento 0-1, posteriormente são feitos os cálculos para se descobrir os valores dos azimutes dos demais alinhamentos. Depois são feitos os cálculos das correções dos azimutes na tabela (Figura 53).

Figura 53- Azimute lido no alinhamento 0-1 e ângulos internos de uma poligonal retangular fechada.



Estações	Pontos visados	Ângulo interno	Azimutes		DH (m)
			Lido	Calculados	
0	1		120°00'00"		
1	2	90°00'00"		30°00'00"	16,2
2	3	90°00'00"		300°00'00"	32,8
3	0	90°00'00"		210°00'00"	16,4
0	1	90°10'00"		120°10'00"	32,3

Cálculo do Azimute:

Será considerado (Azimute anterior + ângulo interno) = X

Se X for < que 180°, somam-se 180° a X

Se X for entre 180° e 540°, subtraem-se 180° de X

Se X for > que 540°, subtraem-se 540° de X

Correção do erro do Azimute:

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

Est	Pv.	Ângulo interno	Azimutes		DH (m)	Correções	Azimutes corrigidos
			Lido	Calculados			
0	1		120°00'00"'				
1	2	90°00'00"'		30°00'00"'	16,2	- 2,5'	29°57,5'
2	3	90°00'00"'		300°00'00"'	32,8	- 5,0'	299°55'
3	0	90°00'00"'		210°00'00"'	16,4	- 7,5'	209°52,5'
0	1	90°10'00"'		120°10'00"'	32,3	-10'	120°

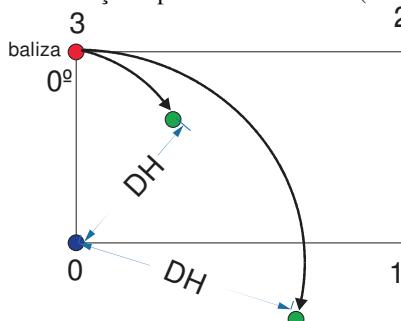
Est – Estações, Pv – Pontos visados.

No final das compensações dos ângulos internos e cálculos dos azimutes tem-se que o azimute lido do alinhamento 0-1 é igual ao azimute calculado neste mesmo alinhamento. Neste exemplo o valor é de 120°00'00".'

2.2. Irradiação ou Coordenada Polar

Esse método é normalmente utilizado em pequenas áreas e relativamente planas. Consiste seu início a partir de um vértice medindo-se a posição exata de diversos objetos no levantamento através de ângulos e distâncias (coordenadas polares) a partir de um ponto referencial (Figura 54).

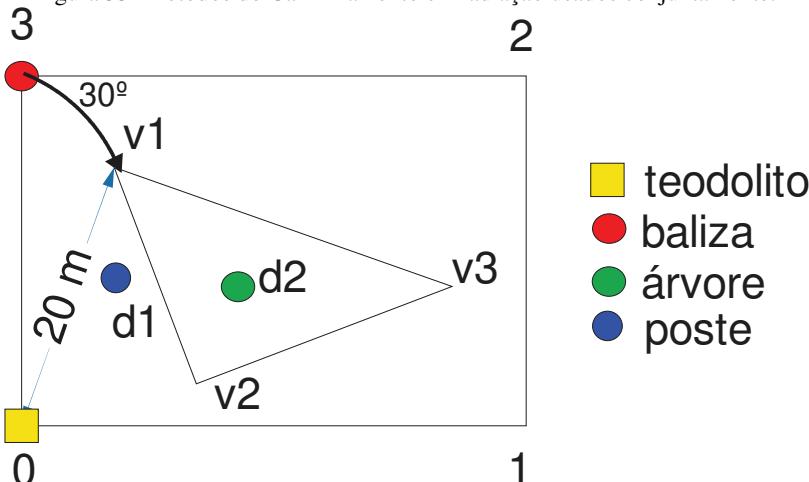
Figura 54 - Irradiação a partir de um vértice (vértice zero).



É importante se ressaltar que em certos casos, para um melhor detalhamento e representação do terreno, utilizar-se da combinação do método do caminhamento ou poligonação para se levantar uma poligonal básica, sendo o método da irradiação usado para detalhamento de alguns objetos de interesse, a partir dos vértices da poligonal, como mostra a Figura 55 e tabela a seguir.

Estações	Pontos visados	DH (m)	Ângulo
I	v1	20,0	30°00'00"
	v2	5,0	50°00'00"
	v3	25,0	80°00'00"
	d1	15,0	40°00'00"
	d2	19,0	30°00'00"

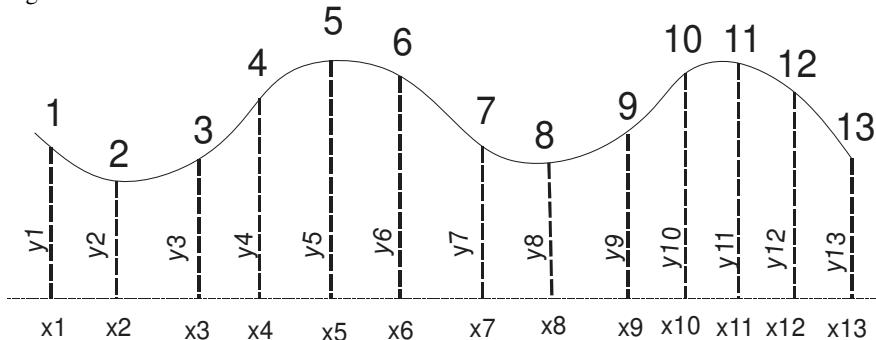
Figura 55- Métodos do Caminhamento e Irradiação usados conjuntamente.



2.3. Ordenadas

É um método usado para o levantamento de alinhamentos curvos e também como auxiliar ao método do caminhamento ou poligonação. Consiste em se traçar um alinhamento auxiliar e a partir deste são levantadas tantas ordenadas quantas forem necessárias para a representação do alinhamento de interesse (Figura 56). Cada ponto tem um valor x e um valor y. Os pontos de 1 a 13 do exemplo, são obtidos a partir de distâncias (x) no alinhamento auxiliar e de distâncias (y) medidas a partir de linhas perpendiculares ao este mesmo alinhamento auxiliar.

Figura 56- Método das Ordenadas.



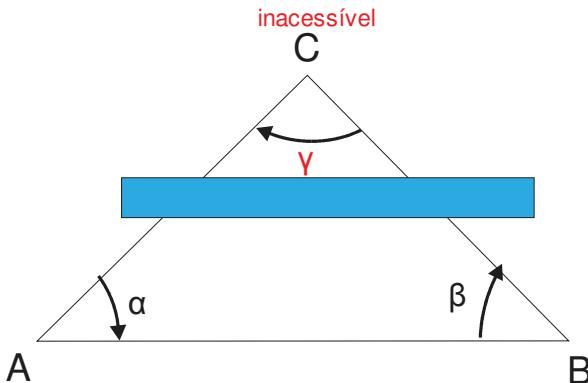
2.4. Interseção

O método de Interseção ou de Coordenadas bipolares, também só pode ser usado para pequenas áreas. É o único método que pode ser utilizado quando alguns vértices da área são inacessíveis, como por exemplo, no caso de pontos bastante íngremes ou existência de um brejo (Figura 57).

Neste método é definida uma linha base com comprimento conhecido a partir de 2 pontos, distantes no mínimo 50 metros um do outro, e instalando-se o instrumento em cada um deles para a obtenção dos valores dos ângulos α e β . Desta forma pode ser determinada a

localização do ponto inacessível C na Figura 57 e calculadas as distâncias dos A e B ao ponto inacessível C pela Lei dos senos.

Figura 57- Método da interseção.



Lei dos senos

$$\frac{DH(A-B)}{\sin \gamma} = \frac{DH(B-C)}{\sin \alpha} = \frac{DH(C-A)}{\sin \beta}$$

Então,

$$1) DH(A-C) = \frac{DH(A-B) \times \sin \beta}{\sin \gamma}$$

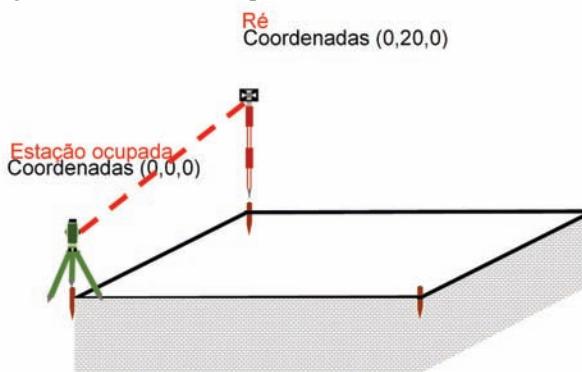
$$2) DH(B-C) = \frac{DH(A-B) \times \sin \alpha}{\sin \gamma}$$

2.5. Por coordenadas

O levantamento por coordenadas consiste em se criar um plano cartesiano, atribuindo-se pelo menos dois pontos de apoio de coordenadas conhecidas. Num desses pontos instala-se o instrumento e

no outro coloca-se o bastão para se fazer a amarração através de uma referência para o instrumento. O levantamento por coordenadas é muito utilizado por topógrafos que trabalham com Estação Total (Figura 58).

Figura 58- Levantamento por coordenadas.



3. Locação topográfica planimétrica

A locação planimétrica é o processo inverso ao levantamento topográfico. Ela é caracterizada por um procedimento mais demorado e oneroso. Para se realizar a locação é necessário fazer primeiro o levantamento topográfico (Figura 59), depois fazer a representação gráfica do terreno, em escala (Figura 60), modificar as informações coletadas projetando-se suas alterações nas plantas (Figura 61) e, só assim, fazer a locação, como mostra a Figura 62.

Figura 59- Levantamento topográfico planimétrico de uma poligonal com três vértices.

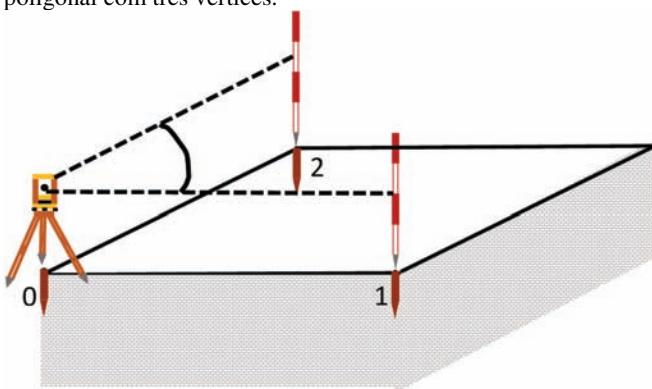


Figura 60 – Representação gráfica da poligonal da Figura 61.

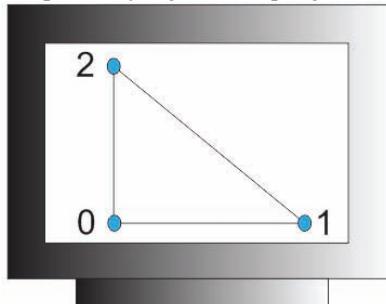


Figura 61 – Modificação da planta inserindo-se o ponto p1.

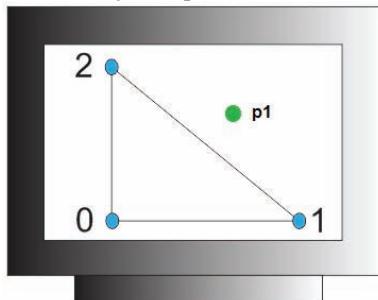
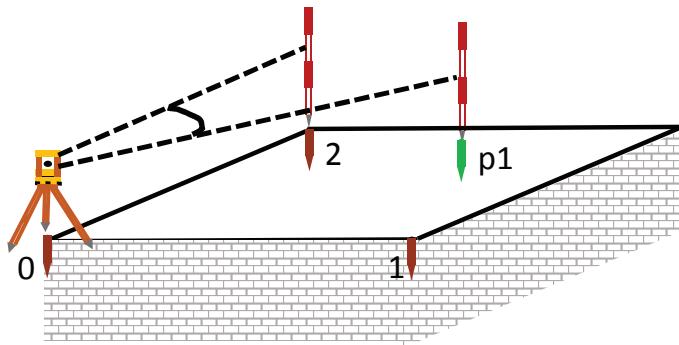


Figura 62 – Locação topográfica planimétrica.



4. Exercícios de fixação

1) Preencha se necessário a caderneta abaixo.

Est.	Pv		Ângulos internos	Azimutes		Correções	Azimute corrigido	DH (m)
				Lido	Calculados			
0	1			45°				
1	2		90°00'00"'					25
2	3		90°00'00"'					30
3	0		90°00'00"'					25,3
0	1		90°01'04"'					30,2

Est – Estações, Pv – Pontos visados.

2) Para realização de uma locação planimétrica se faz necessário conhecer:

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

-
- 3) Por que necessita-se de um levantamento topográfico para se fazer uma locação planimétrica em uma área?
- 4) Um topógrafo necessita fazer um levantamento de uma poligonal com três lados. Ao instalar o instrumento no ponto A, visou o ponto C e obteve os seguintes dados: FS 2000; FM 1500; FI 1000; AH $0^{\circ}00'00''$; AV $90^{\circ}00'00''$ e posteriormente visou o ponto B e obteve os seguintes dados: FS 3000; FM 2000; AH $35^{\circ}30'30''$; AV $90^{\circ}00'00''$.

Ao instalar o instrumento no ponto B visou o ponto A e obteve os seguintes dados: FS 4000; FM 3000; FI 2000; AH $0^{\circ}00'00''$; AV $90^{\circ}00'00''$ e posteriormente visou o ponto C e obteve os seguintes dados: FS 1000; FM 800; AH $135^{\circ}30'30''$; AV $90^{\circ}00'00'$.

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

Capítulo 7

Cálculo de fechamento linear de uma poligonal fechada

Como visto anteriormente, todo levantamento topográfico está sujeito a erros, erros que estão dentro de uma tolerância, e a partir dos dados medidos em campo (ângulos e distâncias) e uma orientação inicial, é possível corrigi-los, se o mesmo estiver dentro da tolerância aceitável. Para se calcular este possível erro, primeiro corrigem-se os erros angulares e em seguida os lineares.

A seguir é feito um exemplo com o cálculo do erro linear de fechamento de uma poligonal fechada. Para tal são necessários alguns cálculos prévios. Inicialmente realiza-se o cálculo do erro angular de fechamento e sua compensação, caso o mesmo esteja dentro da tolerância, como já mostrado anteriormente. Depois realizam-se os cálculos dos seguintes itens: dos azimutes dos alinhamentos; das coordenadas retangulares de cada vértice; do erro de fechamento linear; e da compensação do erro linear, caso este esteja dentro da tolerância.

1- Cálculo dos ângulos internos

$$\Sigma_{ai} = (n - 2) \times 180^\circ$$

Onde para o exemplo tem-se a tabela a seguir.

ESTAÇÃO	PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA (m)	OBS
I	IV (Ré) II (Vante)	000°00'00" 104°14'00"	65,00	Fazer o percurso no sentido horário
II	I (Ré) III (Vante)	000°00'00" 95°00'00"	127,00	
III	II (Ré) IV (Vante)	000°00'00" 74°31'00"	105,00	
IV	III (Ré) I (Vante)	000°00'00" 86°19'00"	110,60	

2- Cálculo do erro angular

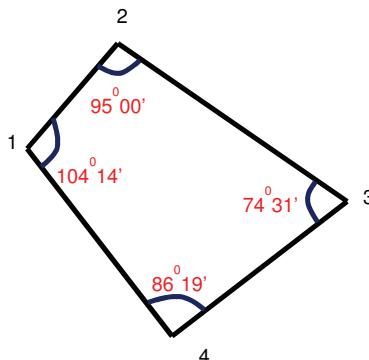
$$E_a = \Sigma_{poligonal} - \Sigma_{ai}$$

$$\Sigma_{ai} = 360^\circ$$

$$\begin{aligned}\Sigma_{poligonal} &= 104^\circ 14' + 95^\circ 00' \\ &\quad + 74^\circ 31' + 86^\circ 19' \\ &= 360^\circ 04'\end{aligned}$$

$$E_a = 360^\circ 04' - 360^\circ$$

$$E_a = 04'$$



3- Tolerância angular

$$T = K\sqrt{n} \quad T = 2'\sqrt{4} \quad T = \pm 4'$$

Obs.1: O K é uma constante fixada em função da exatidão do levantamento. Esse valor poderá ser reduzido ou aumentado de acordo com o tipo de levantamento.

Obs.2: A compensação só é realizada quando a tolerância for maior ou igual ao erro. Quando o erro em valor absoluto for maior que a tolerância, o trabalho deverá ser refeito.

4- Erro unitário

$$Eu = E_a/n = 4'/4 = +1'$$

5- Cálculo da correção

$$Ca = - Eu = -1'$$

6- Cálculo dos ângulos compensados

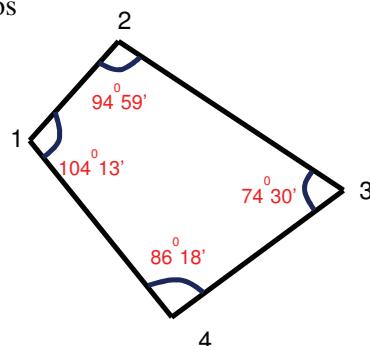
$$a_1 = 104^{\circ}14' + (-1') = 104^{\circ}13'$$

$$a_2 = 95^{\circ}00' + (-1') = 94^{\circ}59'$$

$$a_3 = 74^{\circ}31' + (-1') = 74^{\circ}30'$$

$$a_4 = 86^{\circ}19' + (-1') = 86^{\circ}18'$$

$$\sum a_i = 360^{\circ}$$



ESTAÇÃO	PONTO VISADO	ÂNGULO HORIZONTAL	DISTÂNCIA (M)
I	II	104°13'	65,00
II	III	94°30'	127,00
III	IV	74°30'	105,00
IV	I	86°18'	110,60

7- Cálculo dos Azimutes compensados

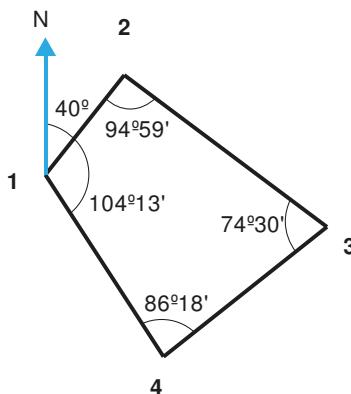
Para que sejam obtidos os azimutes calculados tem-se que:

$$Az_n = Az_{n-1} \pm \text{deflexão}$$

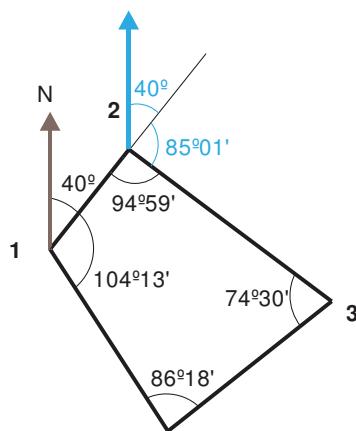
Onde: Az_n = Azimute de um alinhamento e Az_{n-1} = Azimute do alinhamento anterior.

Obs.: Quando a deflexão for no sentido horário, soma-se com a deflexão. Se a estiver no sentido anti-horário, subtraí-se da deflexão.

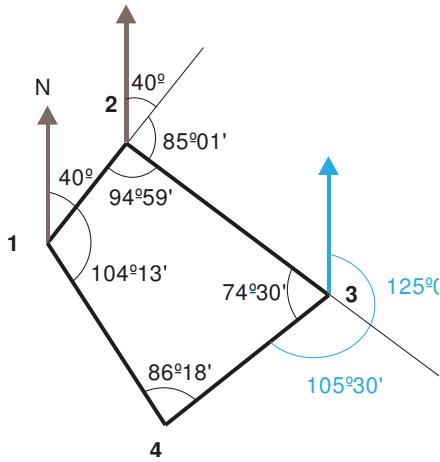
No caso do exemplo da próxima página, as deflexões estão no sentido horário por isso tem-se que:



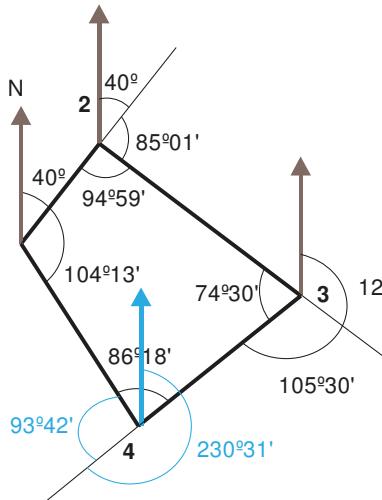
$$Az_{12} = 40^\circ$$



$$Az_{23} = 40^\circ + 85^\circ 01' = 125^\circ 01'$$



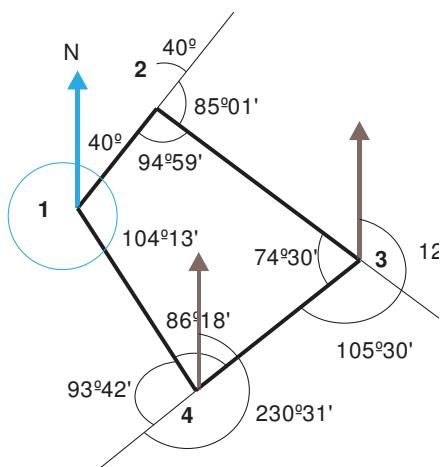
$$125^\circ \quad 105^\circ 30'$$



$$93^\circ 42' \quad 230^\circ 31'$$

$$Az_{34} = 125^\circ 01' + 105^\circ 30' = 230^\circ 31'$$

$$Az_{41} = 230^\circ 31' + 93^\circ 42' = 324^\circ 13'$$

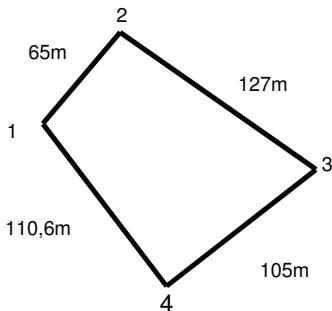


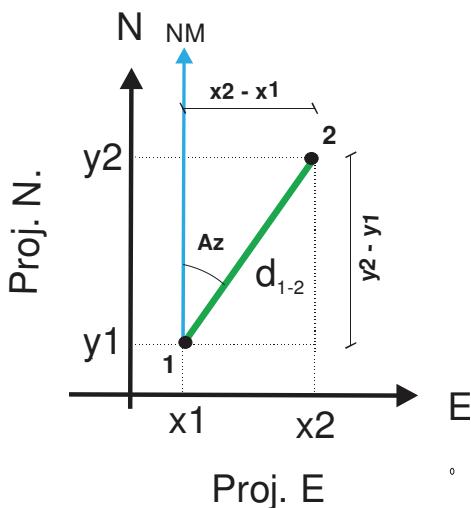
$$Az_{12} = 324^{\circ}13' + 75^{\circ}47' = 400^{\circ}$$

$$Az_{12} = 400^{\circ} - 360^{\circ} = 40^{\circ}$$

8- Cálculo do fechamento linear

8.1- Cálculo das projeções





$$\text{Sen } Az = P.E/d_{1-2} \rightarrow P.E = \text{sen } Az * d_{1-2}$$

$$\text{Cos } Az = P.N/d_{1-2} \rightarrow P.N = \cos Az * d_{1-2}$$

Onde tem-se que:

$$d_{1-2} = 65,00\text{m}$$

$$Az_{1-2} = 40^\circ$$

$$P.E_{1-2} = \text{sen } 40^\circ * 65 = + 41,78\text{m}$$

$$P.N_{1-2} = \cos 40^\circ * 65 = + 49,79\text{m}$$

$$d_{2-3} = 127 \text{ m}$$

$$Az_{2-3} = 125^\circ 31'$$

$$P.E_{2-3} = \sin 125^\circ 01' * 127 = + 104,01 \text{ m}$$

$$P.N_{2-3} = \cos 125^\circ 01' * 127 = - 72,88 \text{ m}$$

$$d_{3-4} = 105,00 \text{ m}$$

$$Az_{3-4} = 230^\circ 31'$$

$$P.E_{3-4} = \sin 230^\circ 31' * 105 = - 81,04 \text{ m}$$

$$P.N_{3-4} = \cos 230^\circ 31' * 105 = - 66,77 \text{ m}$$

$$d_{4-1} = 110,60 \text{ m}$$

$$Az_{4-1} = 324^\circ 13'$$

$$P.E_{4-1} = \sin 324^\circ 13' * 110,6 = - 64,67 \text{ m}$$

$$P.N_{4-1} = \cos 324^\circ 13' * 110,6 = + 89,72 \text{ m}$$

LADO	N	E
1-2	+ 49,79	+ 41,78
2-3	- 72,88	+ 104,01
3-4	- 66,77	- 81,04
4-1	+ 89,72	- 64,67
LOGO	proj. N = - 0,14	proj. E = - 0,08

A soma algébrica das projeções dos lados de uma poligonal fechada de uma mesma base, sobre os eixos coordenados é igual à zero.

Neste caso a soma foi diferente de zero, por isso deve-se calcular o erro e observar se o mesmo está dentro da tolerância. Se estiver, devem-se realizar as correções das distâncias.

Logo tem-se que o erro linear é calculado pela seguinte equação:

$$E_l = \pm \sqrt{\left(\sum Proj.N\right)^2 + \left(\sum Proj.E\right)^2}$$

Com erro linear absoluto igual a:

$$E_a = \sqrt{(0,08^2) + (-0,15^2)} = 0,16$$

E o erro linear relativo igual a:

$$E_r = \left(\frac{E_a}{\Sigma_l} \right) = \frac{0,16}{65 + 127 + 105 + 110,6} = \frac{0,16 \div 0,16}{407,6 \div 0,16} = \frac{1}{2547,5}$$

O E_r deve ser comparado com à Tolerância Linear $T = 1/L$, sendo L uma constante fixada em função de:

- Instrumento utilizado nas medições;
- Condições do terreno;
- Método de medição utilizado.

(VER A NBR13133:94 ABNT)

No exemplo a tolerância linear adotada é $T_1 = 1/500$.

Neste caso o trabalho está satisfatório, pois o erro é menor do que a tolerância, podendo ser feitas as correções ou compensações.

1º Compensação linear

- Coeficiente de Correção

$$C_N = -(E_n / \Sigma_l) = 0,14 / 407,6 = +0,00034347$$

$$C_E = -(E_e |\Sigma|) = -0,08 / 407,6 = -0,00019627$$

LADO (1-2)

$$P.E'_{1-2} = 65 * [(-)0,00019627 + 41,78] = 41,77$$

$$P.N'_{1-2} = 65 * [0,00034347 + 49,79] = 49,81$$

LADO (2-3)

$$P.E'_{2-3} = 127 * [(-)0,00019627 + 104,01] = 103,98$$

$$P.N'_{2-3} = 127 * [0,00034347 + (-)72,88] = -72,84$$

LADO (3-4)

$$P.E'_{3-4} = 105 * [(-)0,00019627 + (-)81,04] = -81,06$$

$$P.N'_{3-4} = 105 * [0,00034347 + (-)66,77] = -66,73$$

LADO (4-1)

$$P.E'_{4-1} = 110,6 * [(-)0,00019627 + (-)64,67] = -64,69$$

$$P.N'_{4-1} = 110,6 * [0,00034347 + 89,72] = 89,76$$

LADO	N	E
1-2	+ 49,81	+ 41,77
2-3	- 72,84	+ 103,98
3-4	- 66,73	- 81,06
4-1	+ 89,76	- 64,69
LOGO	Σ proj. N = 0,0	Σ proj. E = 0,0

8.2- Cálculo do lado compensado

$$d = P.E' / \text{Sen Az}$$

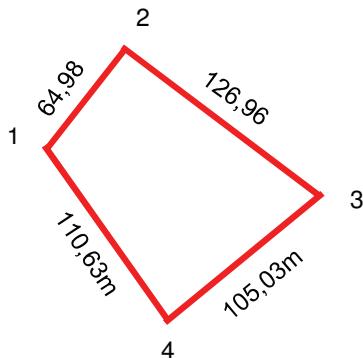
$$d = P.N' / \text{Cos Az}$$

$$d_{1-2} = 41,77 / \text{Sen } 40^\circ = 64,98\text{m}$$

$$d_{2-3} = 103,98 / \text{Sen } 125^\circ 01' = 126,96\text{m}$$

$$d_{3-4} = -81,06 / \text{Sen } 230^\circ 31' = 105,03\text{m}$$

$$d_{4-1} = -64,69 / \text{Sen } 324^\circ 13' = 110,63\text{m}$$



Capítulo 8

Cálculo de área

Ao término de um levantamento topográfico, partes de campo e escritório, é comum a determinação da área desta poligonal levantada. Como se sabe, na compra e venda de imóveis rurais e urbanos, é uma informação de grande importância, devido à necessidade de um parâmetro para avaliação do mesmo. Para tal, existem alguns métodos para de determinar o tamanho de determinada área. Quando os formatos das áreas são irregulares (processo indireto), como é o caso de poligonais do terreno nos limites da maioria das propriedades, são empregados os processos analíticos, gráficos, computacionais e mecânicos.

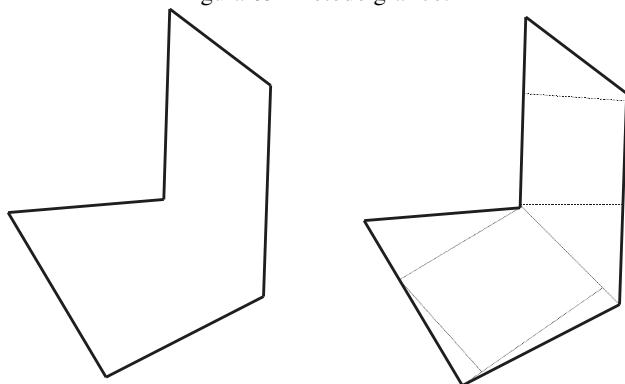
Quando a poligonal limite apresenta o formato de uma figura conhecida, utiliza-se o processo direto, para medição de área. Para uma poligonal quadrada um dos lado é elevado ao quadrado (l^2), na poligonal retangular se multiplica a base pela altura ($b \times a$), no triangular temos base vezes a altura dividido por dois $[(b \times a)/2]$ e em uma circular elevase o raio ao quadrado e multiplica-se por π , o que resulta em $A = \pi \cdot r^2$.

Processos indiretos

1. Processo Gráfico

Neste método é realizado uma subdivisão na poligonal limite, onde as áreas dessa subdivisão irão se encontrar no formato de figuras geométricas conhecidas (quadrado, retângulo, triângulo e círculos), das quais são conhecidas as fórmulas para se encontrar as áreas dessas figuras (Figura 63).

Figura 63- Método gráfico.



2. Processo Mecânico

Este é um dos métodos mais eficientes para determinação de área, por isso o mais usado, onde se utiliza um instrumento chamado de planímetro (Figura 64). Ele permite a medição de áreas da poligonal limite nas plantas ou cartas, delimitadas por linhas curvas ou retas.

Neste método ocorre erro devido a inexatidão do operador, que ao percorrer o limite da poligonal limite da figura, não consegue manter-se perfeitamente sobre a linha. Os planímetros têm as operações de leitura e de medição das áreas em diferentes escalas, simplificando assim a determinação das áreas (Figura 65).

Figura 64- Planímetro.



Figura 65- Modo de uso do Planímetro.



Uso do planímetro

Primeiro traça-se um quadrado de área conhecida, 1 cm², ou aproveita-se a quadrícula da planta. Em seguida fazem-se as leituras, com o planímetro, da poligonal do quadrado, com no mínimo três repetições. Como exemplo tem-se: 1^a leitura = 21; 2^a leitura = 19; e 3^a leitura 20, sendo a média igual a 20.

Sendo a escala da planta igual a 1:20000, para calcular o valor real desse quadrado utilizar-se-á a fórmula demonstrada no capítulo da escala, que é a seguinte:

$$\frac{1}{M^2} = \frac{s}{S} \Rightarrow \frac{1}{20000^2} = \frac{1}{S} \Rightarrow S = 4\text{ha}$$

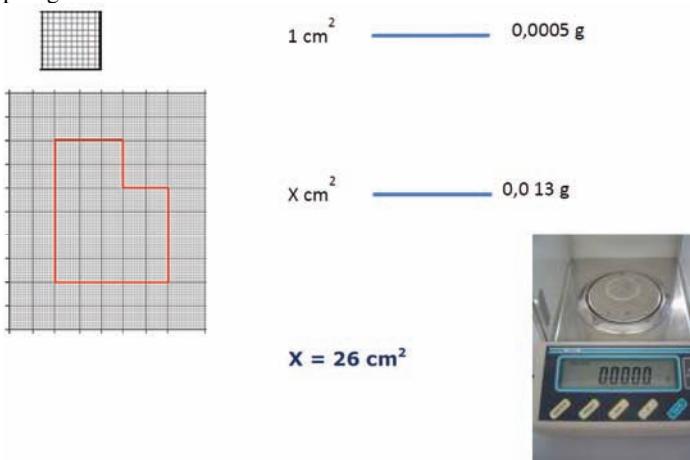
O segundo passo é medir na planta a poligonal que se quer determinar a área, fazendo-se também no mínimo três leituras. Neste caso admite-se que a média das leituras foi 200. Para calcular a área faz-se uma regra de três simples:

$$\frac{20}{200} = \frac{4}{S} \Rightarrow S = 40\text{ha}$$

3. Pesagem do papel

Para determinação de área o método da pesagem é menos comum, mas com a mesma precisão dos métodos anteriores, sendo bastante simples e de fácil utilização. São necessárias uma balança de precisão (analítica) e uma cópia da planta a ser utilizada. Neste método recorta-se uma figura geométrica conhecida, de área conhecida, como por exemplo, um quadrado de área 1cm², pesa-se este quadrado, em seguida corta-se a figura que se quer determinar a área e pesa-se a mesma, por exemplo (Figura 66).

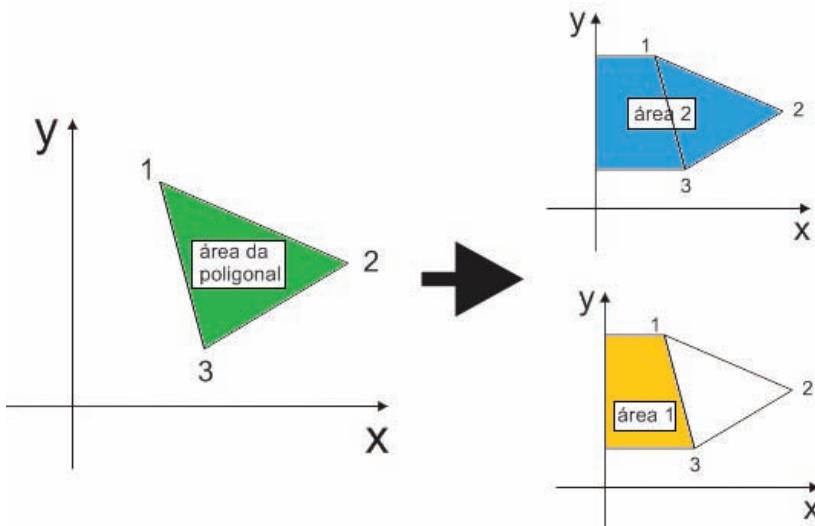
Figura 66- Processo para determinação da área pelo método de pesagem.



4. Analítico

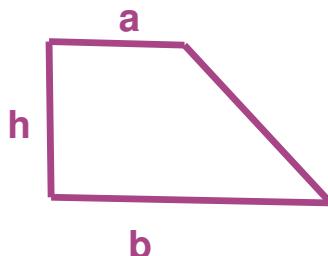
Para o cálculo analítico de áreas utilizam-se fórmulas matemáticas. É o caso da fórmula dos trapézios, formados pelos lados definidos pelos vértices da poligonal que se quer determinar a área. Como pode ser visto na Figura 67, a poligonal possibilita a formação de duas áreas diferentes, área 1 e área 2, em formatos de trapézios. O cálculo da área da poligonal será a área do trapézio 2 menos a área do trapézio 1.

Figura 67- Áreas da poligonal e dos trapézios.



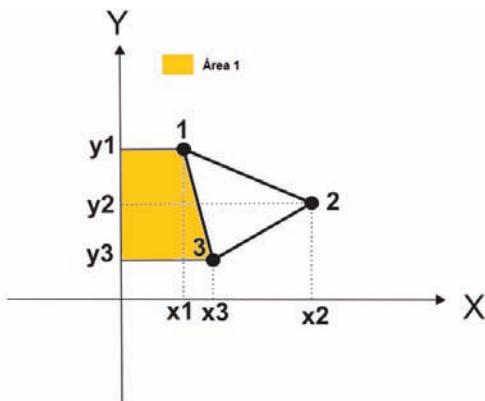
Onde, para se determinar a área do trapézio utiliza-se a fórmula de Gauss.

$$A_{\text{trapézio}} = 1/2 * [(b+a)*h]$$



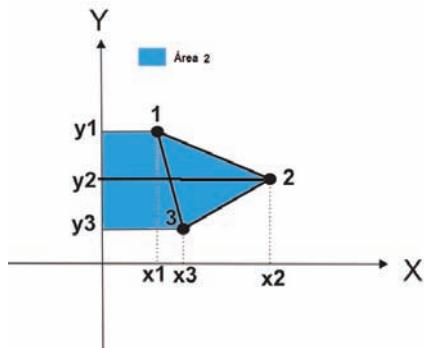
Têm-se então as seguintes fórmulas:

- Na área 1:



$$A_1 = 1/2 * (y_1 - y_3) * (x_3 + x_1)$$

- E na área 2:



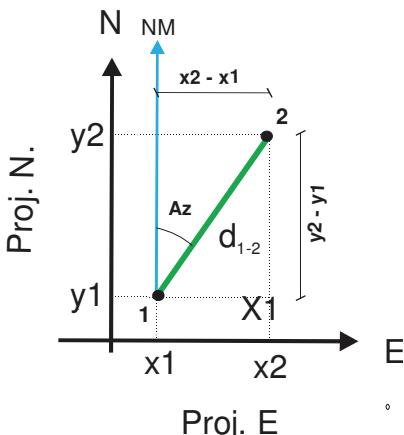
$$A_2 = [1/2 * (y_2 - y_3) * (x_2 + x_3)] + [1/2 * (y_1 - y_2) * (x_1 + x_2)]$$

Onde a área da poligonal é:

$$A_{\text{poligonal}} = \text{Área}_2 - \text{Área}_1$$

Para que seja calculada a área da poligonal, são necessários os valores de x e y, sendo esses valores encontrados através dos cálculos das projeções dos alinhamentos 1–2, 2–3 e 3–1, como visto no capítulo anterior.

Cálculo das Projeções



$$\text{sen } Az = P.E / d_{1-2} \quad \rightarrow \quad P.E = \text{sen } Az * d_{1-2}$$

$$\cos Az = P.N / d_{1-2} \quad \rightarrow \quad P.N = \cos Az * d_{1-2}$$

Com essa dedução, como foi visto no capítulo anterior, tem-se as seguintes projeções:

$$P.E_{1-2} = \text{sen } 113^\circ * 122,1 = 112,39 \text{ m}$$

$$P.N_{1-2} = \cos 113^\circ * 122,1 = -47,71 \text{ m}$$

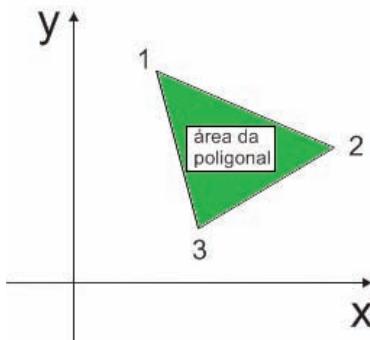
$$P.E_{2-3} = \text{sen } 238^\circ * 102,9 = -87,26 \text{ m}$$

$$P.N_{2-3} = \cos 238^\circ * 102,9 = -54,53 \text{ m}$$

$$P.E_{3-1} = \sin 346^\circ * 104,9 = -25,38 \text{ m}$$

$$P.N_{3-1} = \cos 346^\circ * 104,9 = 101,78 \text{ m}$$

Ao término dos cálculos das projeções, iniciam-se os das coordenadas, onde se estima uma distância da origem para a coordenada x_1 e y_1 . Para este exemplo foi de 500 m para N e E, como pode ser visto a seguir:



$$x_1 = 500$$

$$x_2 = 500 + P.E_{1-2} = 500 + 112,39 = 612,39 \text{ m}$$

$$x_3 = 500 + P.E_{2-3} = 612,39 - 87,26 = 525,13 \text{ m}$$

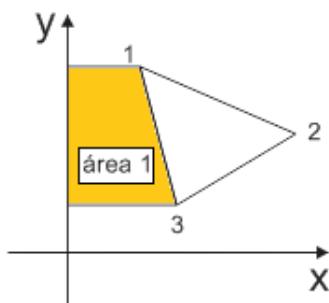
$$y_1 = 500$$

$$y_2 = 500 + P.N_{1-2} = 500 - 47,71 = 452,29 \text{ m}$$

$$y_3 = 549,79 + P.N_{2-3} = 452,29 - 54,53 = 397,76 \text{ m}$$

Voltando para o cálculo da área tem-se que:

Área 1:



$$A_1 = \frac{1}{2} * (y_1 - y_3) * (x_3 + x_1)$$

$$: 525,13 \text{ m}$$

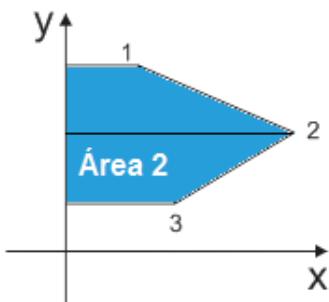
$$= 397,76 \text{ m}$$

$$A_1 = \frac{1}{2} * (102,24) * (525,13 + 500)$$

$$A_1 = \frac{1}{2} * (102,24) * (1025,13)$$

$$A_1 = 52.404,64 \text{ m}^2$$

Área 2:



$$A_2 = [\frac{1}{2} * (y_2 - y_3) * (x_2 + x_3)] + [\frac{1}{2} * (y_1 - y_2) * (x_1 + x_2)]$$

$$X_1 = 500 \text{ m}$$

$$X_2 = 612,39 \text{ m}$$

$$X_3 = 525,13 \text{ m}$$

$$y_2 = 500 \text{ m}$$

$$Y_2 = 452,29 \text{ m}$$

$$Y_3 = 397,76 \text{ m}$$

$$A_2 = 1/2 * (y_2 - y_3) * (x_2 + x_3) + 1/2 * (y_1 - y_2) * (x_1 + x_2)$$

$$A_2 = 1/2 * (54,53) * (612,39 + 525,13) + 1/2 * (47,71) * (500 + 612,39)$$

$$A_2 = 1/2 * (54,53) * (1137,52) + 1/2 * (47,71) * (1.112,39)$$

$$A_2 = 31.014,48 + 26.536,06$$

$$A_2 = 57.550,54 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{poligonal}} = \text{Área}_2 - \text{Área}_1$$

$$A_{\text{poligonal}} = 57.550,54 - 52.404,64$$

$$\boxed{A_{\text{poligonal}} = 5.145,9 \text{ m}^2 \text{ ou } 0,51459 \text{ ha}}$$

4. Computacional

Esse método é atualmente o mais usual, devido principalmente, ao advento da Estação Total. Para a criação desses softwares, sua programação é baseada no método analítico.

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

Parte II
Altimetria

Capítulo 9

Introdução à Altimetria

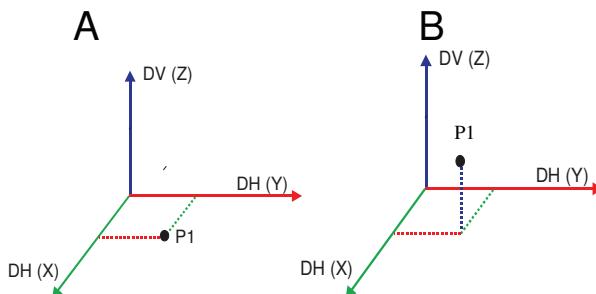
1. Conceito de Altimetria

A Altimetria é um ramo da Topografia que estuda, de um modo geral, as distâncias verticais, entre elas, diferença de nível, cotas e altitudes, formadoras do relevo de um determinado local. Pode-se dizer que o produto final do levantamento topográfico altimétrico é uma planta/carta/mapa tridimensional, pois se considerou o relevo, enquanto na Planimetria o produto final é uma representação bidimensional.

A Figura 68A, demonstra a representação planimétrica de um ponto P1 com coordenadas cartesianas (x,y) , enquanto na Figura 68B, esse mesmo ponto está representado planialtimetricamente (x,y,z) .

Diversos conceitos são aceitos, desde os mais estritos até os mais amplos. Véras (2003) conceitua Aaltimetria como a parte da Topografia que estuda uma porção qualquer de terreno sobre uma superfície plana, dando ideia do relevo do solo.

Figura 68- Ponto P1 e suas respectivas coordenadas cartesianas sendo representado planimetricamente (x,y) e planialtimetricamente (x,y,z) , respectivamente em A e B.



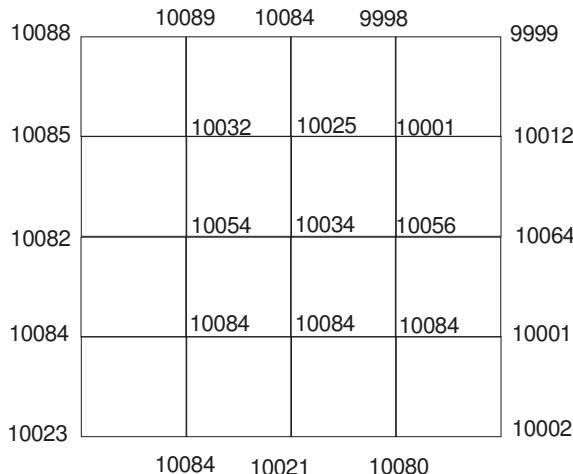
2. Representação do relevo

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

2.1. Pontos cotados

São pontos espacialmente distribuídos num plano, representados graficamente, onde se têm as altitudes ou cotas, levantados em um determinado terreno (Figura 69).

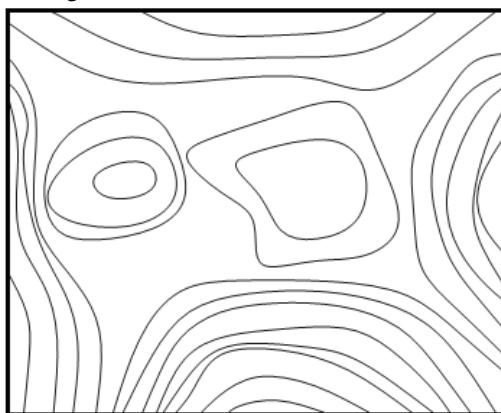
Figura 69 – Plano cotado de um terreno.



2.2. Curvas de nível

As curvas se nível são linhas imaginárias de mesma cota/altitude, e equidistantes entre si, que representam o relevo um determinado local (Figura 70). Essa forma de representação do relevo será discutida em um capítulo à parte.

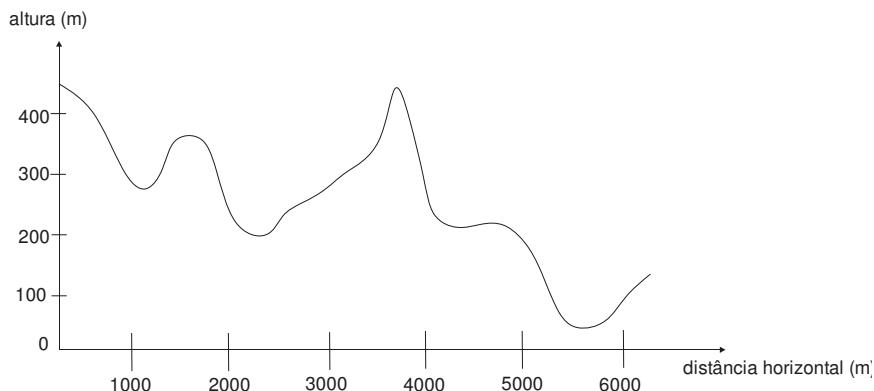
Figura 70- Curvas de nível de um terreno.



2.3. Perfil

Os perfis são vistas laterais que representam o relevo de um determinado local (Figura 71). Essa forma de representação do relevo será discutida em um capítulo à parte.

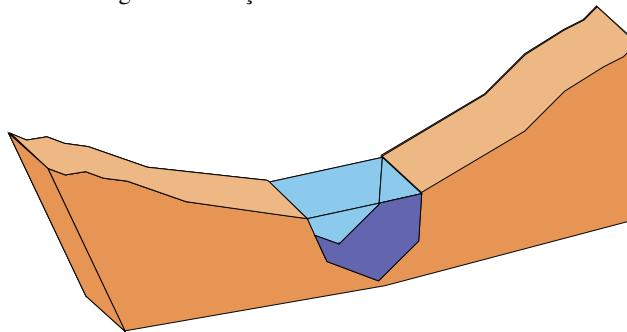
Figura 71 – Perfil de um terreno.



2.4. Seção transversal

As seções transversais são formas de representação do relevo, através de vistas frontais, perpendiculares ao perfil longitudinal de um determinado local (Figura 72). Essa forma de representação do relevo será discutida em uma aula à parte.

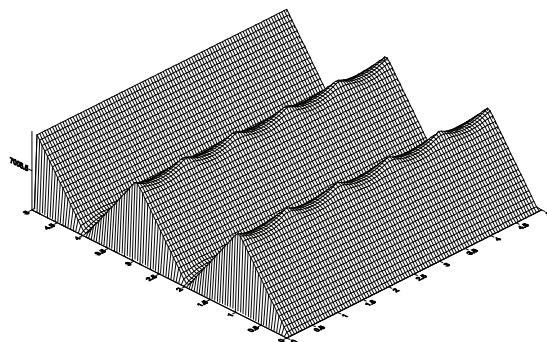
Figura 72 – Seção transversal de um terreno.



2.5. Modelagem numérica do terreno

É um modelo matemático do terreno, onde a partir de uma determinada origem (0,0,0), tem-se para cada ponto do terreno uma coordenada x, y e z, resultando numa visualização tridimensional do terreno (Figura 73).

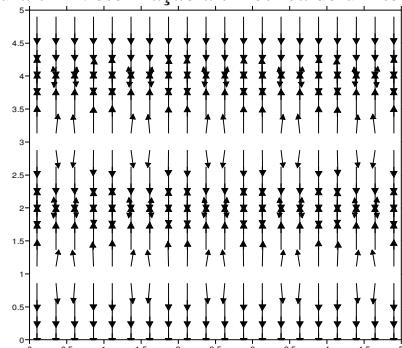
Figura 73- Modelagem numérica de um terreno.



2.6. Vetorização altimétrica

A vetorização é uma forma de representação de terreno, através de setas (vetorização), onde as setas apontam para os locais mais baixos, para onde o escoamento de água é direcionado (Figura 74).

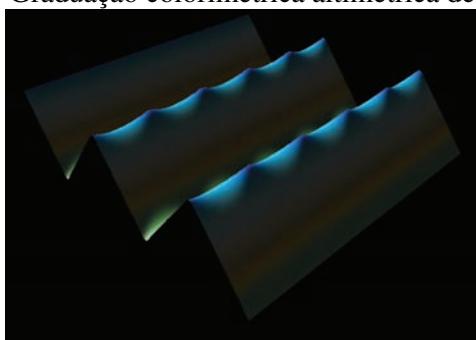
Figura 74- Vetorização altimétrica de um terreno.



2.7. Graduação colorimétrica altimétrica

A graduação colorimétrica altimétrica, é uma forma de representação do relevo, produzida por programas topográficos, que indica os locais mais altos, intermediários e baixos do terreno através de cores (Figura 75).

Figura 75 – Graduação colorimétrica altimétrica de um terreno.



3. Distâncias verticais

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

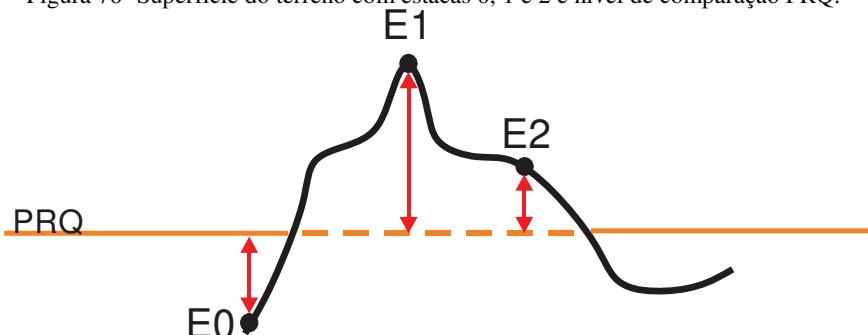
3.1. Cota ou cota relativa

É a distância vertical compreendida entre um ponto qualquer da superfície da Terra e um plano de referência qualquer (PRQ). O PRQ é um plano arbitrado com cota inicial atribuída pelo topógrafo.

Na Figura 76 a estaca E0 apresenta cota negativa por estar num ponto do terreno abaixo do PRQ, enquanto as estacas E1 e E2 possuem cotas com valores positivos por estarem acima do PRQ.

Chama-se de cota relativa, pois os valores de cotas em trabalhos diferentes, estão baseados em superfícies de referência diferentes, não podendo-se fazer comparações entre as alturas do terreno. É quase impossível que a cota 10 m de um determinado trabalho, esteja no mesmo nível de uma cota de 10 m em outro trabalho, com níveis de referência arbitrados (PRQ) em locais diferentes. Para isto acontecer, talvez seja a mesma probabilidade para que dois raios caiam num mesmo lugar.

Figura 76- Superfície do terreno com estacas 0, 1 e 2 e nível de comparação PRQ.



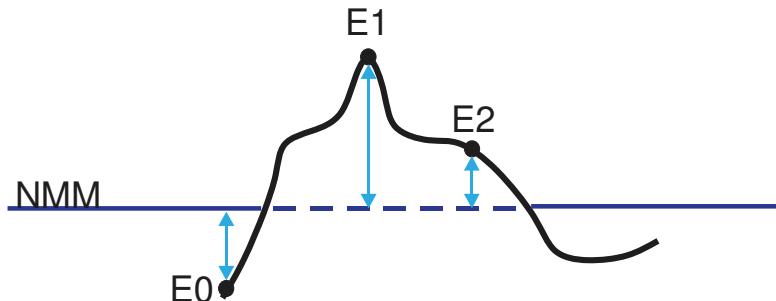
3.2. Altitude ou cota absoluta

É a distância vertical compreendida entre um ponto qualquer da superfície da Terra e o nível médio dos mares em repouso que se prolonga sob os continentes (Figura 77). O nível médio dos mares é considerado uniforme para todo um país.

Na Figura 77 a estaca E0 apresenta altitude negativa por estar num ponto do terreno abaixo do NMM, enquanto as estacas E1 e E2 possuem altitudes com valores positivos por estarem acima do NMM.

Altitude também é chamada de cota absoluta, pois dois pontos localizados em locais distintos, se apresentarem os mesmos valores de altitude, terão a mesma altura, pois a superfície de comparação é a mesma para os dois, ou seja, o Nível Médio dos Mares.

Figura 77- Superfície do terreno com estacas 0, 1 e 2 e Nível Médio dos Mares - NMM.



3.2.1. Marégrafo ou Mareógrafo

É o instrumento que registra continuamente o nível das marés (máximo, médio e mínimo) em um determinado ponto da costa, com o produto final diário, mensal ou anual, apresentado na forma de gráfico e denominado mareograma. Através dos resultados do mareograma, define-se o marco altimétrico (altitude igual a zero) de uma determinada região da superfície terrestre.

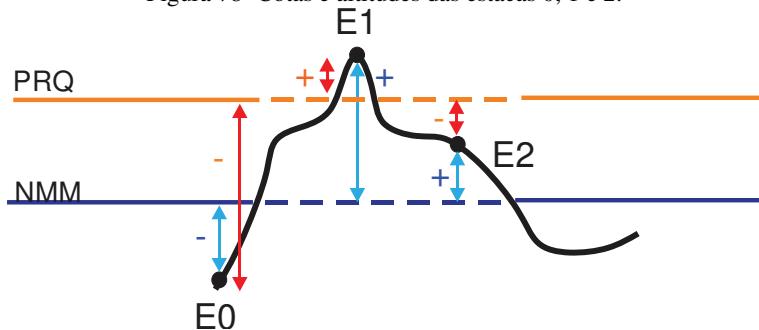
No Brasil, o datum vertical ou origem das altitudes está localizado na cidade portuária de Imbituba – SC. Este referencial altimétrico tem

caráter oficial e foi homologado pelo IBGE após observações coletadas em marégrafo localizado na Baía de Imbituba. Este local foi escolhido pelo Conselho Nacional de Geografia, em 1959, por ser o ponto menos variável da costa brasileira.

No Recife, Pernambuco, existe também um marco zero altimétrico, oficial para o município mas não para o Brasil. Esse marco altimétrico local é definido pelo nível mínimo do mares, pois em Recife, existem locais abaixo do nível médio dos mares. Para que sejam evitadas altitudes negativas, criou-se o marco zero com o nível mínimo do mar. Portanto, podem-se encontrar dois tipos de RN (Referencial de nível) no Recife. O marco zero altimétrico local encontra-se no Bairro de São José, um pouco a leste do marco zero planimétrico do estado de Pernambuco.

Na Figura 78 é mostrada uma relação de cota e altitude. Observa-se que podem existir cotas e altitudes negativas e positivas. Em E0 tem-se altitude e cota negativas. Em E1 tem-se altitude e cota positivas. Em E2 tem-se altitude positiva e cota negativa.

Figura 78- Cotas e altitudes das estacas 0, 1 e 2.

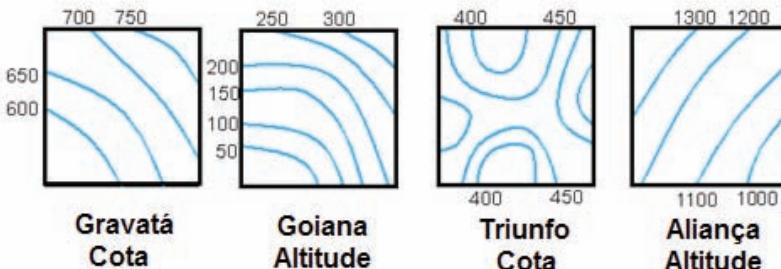


Observando-se a Figura 79 não pode ser afirmado categoricamente que as curvas de nível de Gravatá têm valores maiores que as de Triunfo, pois as cotas que aparecem as plantas são medições relativas. Também não se pode dizer que Gravatá está em nível mais alto que Aliança, pois a planta da primeira está em cota e da segunda em altitude, possuindo níveis de referências diferentes.

Com base na Figura 79 pode ser afirmado apenas que Goiana está em um nível mais baixo que Aliança, pois as curvas de nível de suas

plantas expressam altitudes, baseando-se portanto num mesmo nível de referência ou nível de comparação.

Figura 79- Curvas de nível de algumas cartas dos municípios de Aliança, Goiana, Gravatá e Triunfo, em Pernambuco.



3.3. Diferença de Nível

É a diferença de alturas (Figura 80), altitudes (Figura 81) ou cotas (Figura 82) entre dois pontos situados na superfície da Terra.

Figura 80- Diferença de nível entre A e B através da diferença de alturas.

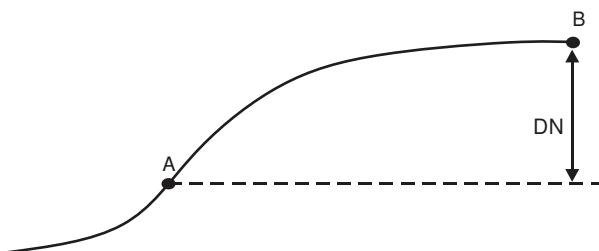


Figura 81- Diferença de nível entre A e B através da diferença de altitudes.

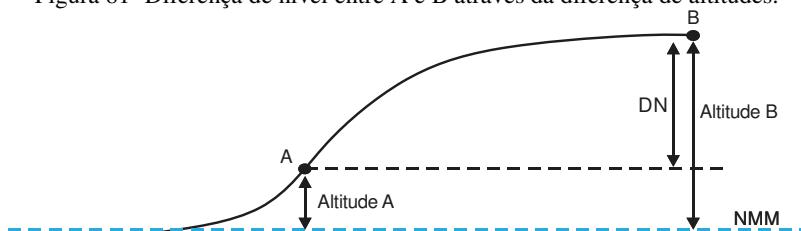
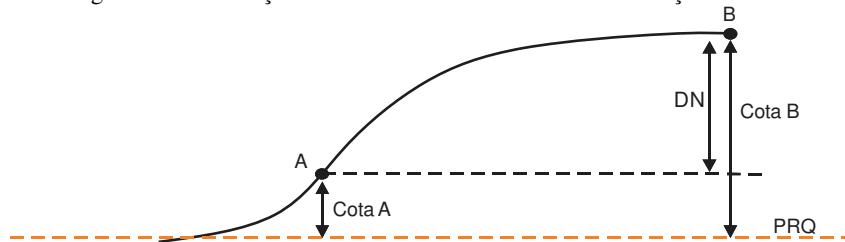


Figura 82 - Diferença de nível entre A e B através da diferença de cotas.



4. Nivelamento topográfico

4.1. Conceito

Nivelamento topográfico é uma operação utilizada para a obtenção de diferenças de nível no terreno a fim de possibilitar a determinação ou cálculo de altitudes e cotas do terreno. Para tal, são usados diversos instrumentos e metodologias realizadas em campo, objetivando-se a representação gráfica do relevo de um determinado local.

4.2. Instrumentos utilizados no nivelamento topográfico

Os instrumentos utilizados no nivelamento topográfico e suas exatidões estão relacionados conforme a tabela abaixo:

Instrumento	Exatidão
Nível de luneta	alta
Teodolito	média
Nível de mangueira	média
Jogo de réguas	média
Estação Total	média/alta*
GNSS	média/alta*
Barômetro	baixa

* Depende do método e modelos utilizados

4.3. Métodos de nivelamentos topográficos

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

4.3.1. Barométrico

As medições de altitude são obtidas através do barômetro, que pode ser do tipo coluna de mercúrio ou do tipo aneróide. Seu princípio baseia-se no peso do ar aplicando uma determinada pressão no instrumento. Assim, a pressão pode ser calculada, multiplicando-se a altura da coluna de mercúrio pela densidade do mercúrio e pela aceleração da gravidade. Então, quanto mais alto o terreno, resulta uma menor pressão e, consequentemente maior altitude. Quanto mais baixo o terreno, resulta uma maior pressão e, consequentemente menor altitude.

Sabendo-se que no nível do mar a atmosfera exerce pressão de 1 atm e que corresponde a 760 mmHg (milímetros de Mercúrio), segundo a experiência de Torricelli, ficou comprovado que para cada 1 mm deslocado no tubo de um barômetro ocorre variação de aproximadamente 10 m de altura no terreno com relação ao nível do mar. Portanto, quando há subida no terreno a coluna de mercúrio desce e quando se desce no terreno, a coluna de mercúrio sobe. Por exemplo, saindo do nível do mar para uma montanha, houve deslocamento na coluna de mercúrio de 760 mm Hg para 680 mm de Hg. Isto significa que a altura atingida foi de: 760 mm – 680 mm = 80 mm, donde 80 mm . 10 metros = 800 metros.

Desta forma, o uso de equipamentos que se baseiam na pressão atmosférica, pode fornecer valores de altitudes do terreno, possibilitando a obtenção de nivelamentos.

4.3.2. Por satélites

Os Sistemas Globais de Navegação por Satélite, também conhecidos em inglês como GNSS (Global Navigation Satellite System), são tecnologias que permitem a localização espacial do receptor em qualquer parte da superfície terrestre, através da recepção de sinais de rádio enviados por satélites. Através do GNSS é possível a obtenção de

valores de altitude para um determinado local. Esse sistema permite, em tempo real ou pós-processado, o posicionamento da antena receptora, necessitando de no mínimo quatro satélites.

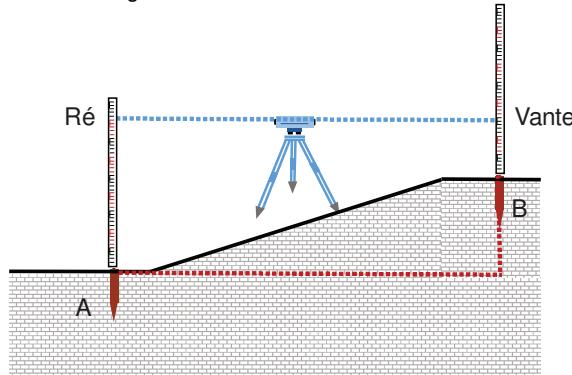
4.3.3. Trigonométrico

O nivelamento trigonométrico resulta da obtenção das distâncias verticais através da trigonometria. Esse nivelamento é obtido por instrumentos como teodolitos e estações totais.

4.3.4. Nivelamento Geométrico

É o método mais preciso para obtenção das diferenças de nível, altitudes e cotas. Na sua realização é usado o instrumento chamado nível de luneta e seu princípio baseia-se em visadas horizontais sucessivas nas miras verticalizadas, objetivando-se a obtenção de distâncias verticais (Figura 83).

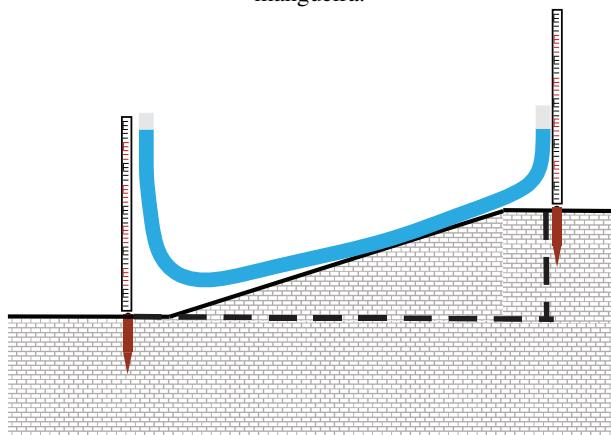
Figura 83 – Nivelamento Geométrico



4.3.4.1. Nível de mangueira ou vasos comunicantes

Através do nível de mangueira (Figura 84) ou jogo de réguas, podem-se encontrar diferenças de nível na superfície de um local para outro.

Figura 84 – Método para obtenção das diferenças de nível através do nível de mangueira.



5. Exercícios de fixação

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

Capítulo 10

Nivelamento Trigonométrico

1. Conceito

O nivelamento trigonométrico é um método que consiste, através da trigonometria, na determinação das diferenças de nível entre dois pontos na superfície terrestre. Quando os dois pontos tiverem DH diferente de zero, utiliza-se a fórmula trigonométrica apropriada, conforme esquema da Figura 85, e quando os dois pontos tiverem DH igual a zero, utiliza-se a fórmula B, esquematizada na Figura 86. Os instrumentos utilizados são o teodolito e o clinômetro.

Figura 85 - Obtenção da DN em dois pontos com DH diferente de 0.

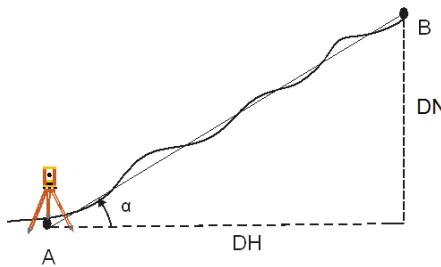
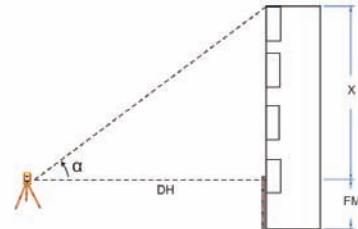


Figura 86- Obtenção da DN em dois pontos com DH igual a 0.



2. Diferença de nível por dois pontos de DH diferentes

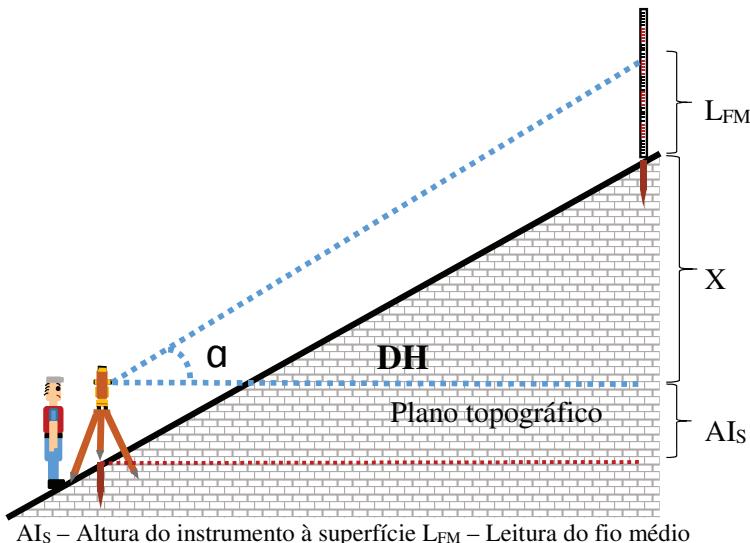
A Figura 88 mostra um esquema teórico de se encontrar a diferença de nível. A fórmula do princípio da trigonometria é: $\text{DN} = \text{DH} \cdot \text{tg } \alpha$. Como dito anteriormente, não é possível se medir a DH em um acente/declive sem o uso de um instrumento que permita a medição de ângulos verticais. Para a medição de DH é necessário, por exemplo, a

instalação de um teodolito no ponto A, e da mira-falante no ponto B. Ao se colocar o teodolito no ponto A, para se calcular a DN, deve-se acrescentar à fórmula a altura do instrumento até a superfície do ponto (AI_S) e ao se colocar a mira falante, deve-se subtrair o FM da fórmula (Figura 87).

$$\left. \begin{aligned} \text{DN} &= \text{AI}_S + X \\ \text{tg } \alpha &= (\text{L}_{\text{FM}} + X) / \text{DH} \end{aligned} \right\}$$

- 1) $X = \text{DN} - \text{AI}_S$
- 2) $\text{tg } \alpha \cdot \text{DH} = \text{L}_{\text{FM}} + X$
- 3) $X = (\text{tg } \alpha \cdot \text{DH}) - \text{L}_{\text{FM}}$,
- 4) $(\text{tg } \alpha \cdot \text{DH}) - \text{L}_{\text{FM}} = \text{DN} - \text{AI}_S$
- 5) $\text{DN} = (\text{tg } \alpha \cdot \text{DH}) - \text{L}_{\text{FM}} + \text{AI}_S$

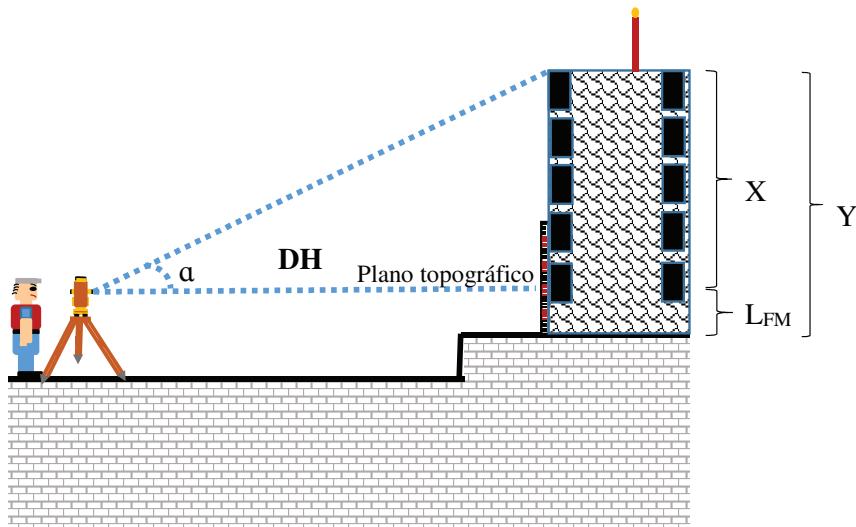
Figura 87 – Obtenção da DN de DH diferentes de zero através do nivelamento trigonométrico.



3. Altura de objetos

Para altura de objetos, tais como edificações, postes, falésias, árvores, etc., o nívelamento trigonométrico é também bastante útil. Quando a DH do ponto inicial e o final que se deseja saber for igual a zero, utiliza-se outro método dentro do nívelamento trigonométrico (Figura 88).

Figura 88 – Obtenção da DN de DH igual a zero através de nívelamento trigonométrico.



L_{FM} – Leitura do fio médio

- 1) $\operatorname{tg} \alpha = X/DH$
- 2) $X = \operatorname{tg} \alpha \cdot DH$
- 3) $Y = X + L_{FM}$

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

5. Exercícios de fixação

- 1) Calcular a DN_{AB} de um terreno, sabendo-se que ao instalar o teodolito, um topógrafo obteve os seguintes dados: em A (Ais= 1600 mm e $\alpha= 30^\circ$); em B (FS = 2000 mm; FM = 1500 mm e FI = 1000 mm).

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

$$\text{Fórmula } DN = DH \cdot \operatorname{tg} \alpha + Ais - FM$$

- 2) Calcular a DN_{AB} de uma torre, sabendo-se que ao instalar o teodolito, um topógrafo obteve os seguintes dados: $\alpha= 30^\circ$; FS=2000; FM = 1500 mm e $DH_{AB} = 0$

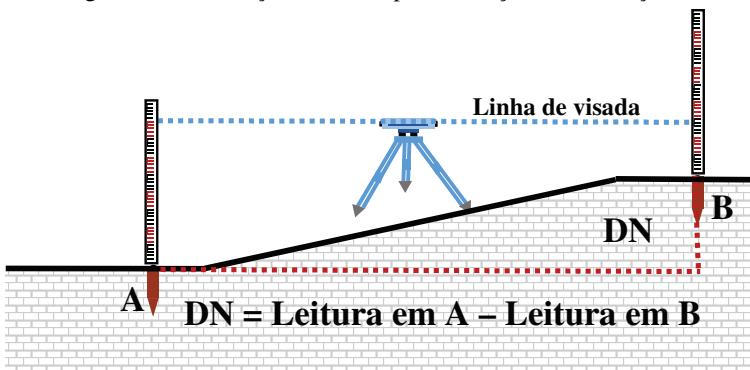
Capítulo 11

Nivelamento Geométrico

1. Conceito

O nívelamento geométrico baseia-se em visadas horizontais sucessivas, para a obtenção de leituras do fio médio (FM) em miras-falantes, objetivando-se a obtenção de diferenças de nível (DN), cotas e altitudes entre pontos na superfície de um determinado local (Figura 89). É considerado o nívelamento mais simples de ser realizado e mais preciso.

Figura 89 - Diferença de leituras para obtenção da diferença de nível.



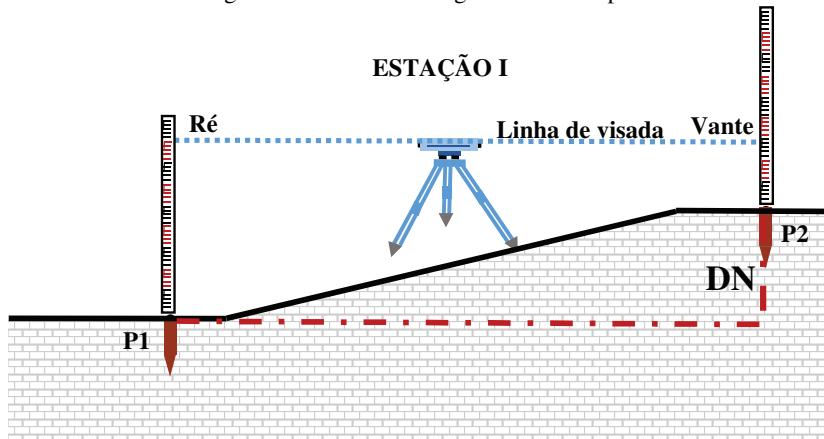
2. Instrumentos e acessórios

O nívelamento geométrico é comumente realizado com nível de luneta pois sua luneta é fixa num ângulo vertical zenital de 90° e possui compensadores em seu interior que facilitam a sua calagem ou nívelamento. São usados como acessórios tripé e mira falante.

3. Tipos de Nívelamento Geométrico

O nívelamento geométrico, de acordo com a quantidade de estações, divide-se em simples e composto. O nívelamento geométrico simples ocorre quando se tem apenas uma estação, de onde podem ser visados um ou mais pontos (Figura 90).

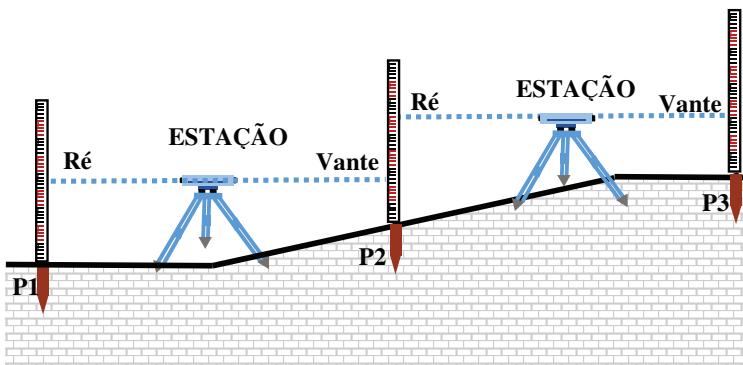
Figura 90 - Nívelamento geométrico simples.



Por convenção, nos trabalhos de Topografia, estação é todo ponto onde o instrumento é instalado. Visada à Ré ou de Ré é a primeira visada ou leitura que é feita após a instalação do instrumento. Visada à vante ou leitura de vante é toda leitura ou visada realizada após a de Ré. Isto se aplica não só nos nívelamentos, mas em todo trabalho de Topografia.

Quando num nivelamento geométrico simples não for possível visualizarem-se pontos necessários à continuação do trabalho, devido a obstáculos no percurso, relevos íngremes, distâncias grandes (acima de 80 m entre o instrumento e o ponto), etc., utilizar-se-á o nivelamento geométrico composto, pois o instrumento será instalado mais de uma vez surgindo duas ou mais estações. Pode-se dizer que o nivelamento geométrico composto é uma sucessão de nivelamentos geométricos simples, devidamente amarrados a pontos topográficos em comum (Figura 91).

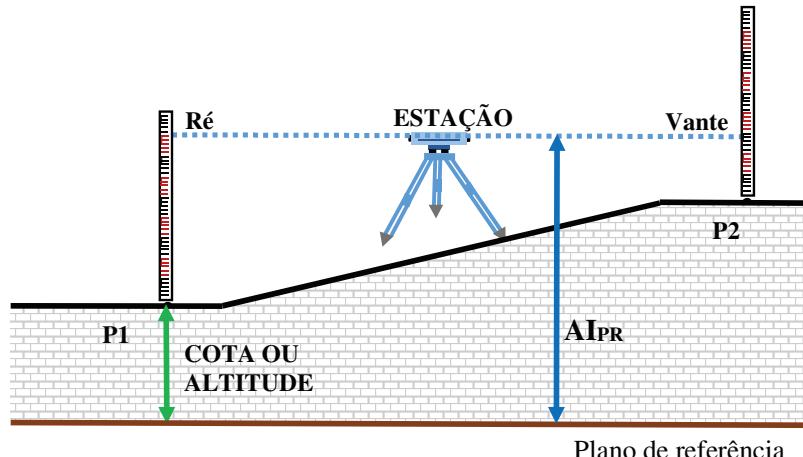
Figura 91- Nivelamento geométrico composto.



4. Altura do Instrumento (AI_{PR}) e leituras de Ré e Vante:

Altura do instrumento ao plano de referência (AI_{PR}) é a distância vertical compreendida entre a linha de visada do instrumento e o plano de referência. Este pode ser o plano de referência qualquer (PRQ) ou o nível médio dos mares (NMM). Em cada estação só podemos ter uma altura do instrumento com relação ao plano de referência (Figura 92).

Figura 92 - Altura de instrumento (AI_{PR}), leitura de Ré e leitura de Vante numa estação.



Como visto anteriormente, a leitura de Ré ou visada de Ré é a primeira leitura que se faz numa estação. Somente há uma leitura de Ré para cada estação. O nome Ré deriva de referencial, pois essa leitura é feita em cima do ponto onde se tem a cota ou a altitude conhecida. A leitura de Vante ou visada de Vante é a leitura posterior ou posteriores à visada de Ré na mesma estação. Podemos ter uma ou mais leituras de Vante para cada estação.

5. Procedimento do Nivelamento Geométrico Simples:

Como encontrar a altura do instrumento

Para obtenção da altura do instrumento é necessário utilizar o procedimento que consta em se somar a cota/altitude inicial da estação com a leitura de Ré (Figura 93), aplicando-se a seguinte fórmula:

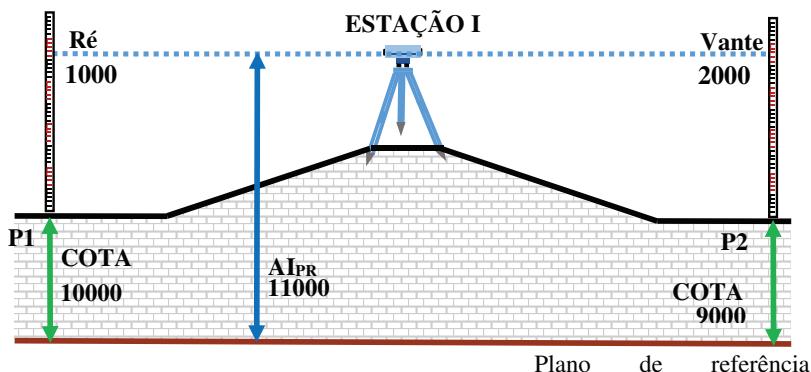
$$\text{Cota ou Altitude no ponto de Ré} + \text{Visada de Ré} = AI_{PR}$$

Como encontrar a cota/altitude intermediária ou final

Para obtenção da cota/altitude intermediária ou final é necessário utilizar o procedimento que consta em subtrair da altura do instrumento a leitura de Vante (Figura 93), aplicando-se a seguinte fórmula:

$$AI_{PR} - Visada\ de\ Vante = Cota\ ou\ Altitude.$$

Figura 93- Nivelamento geométrico simples.

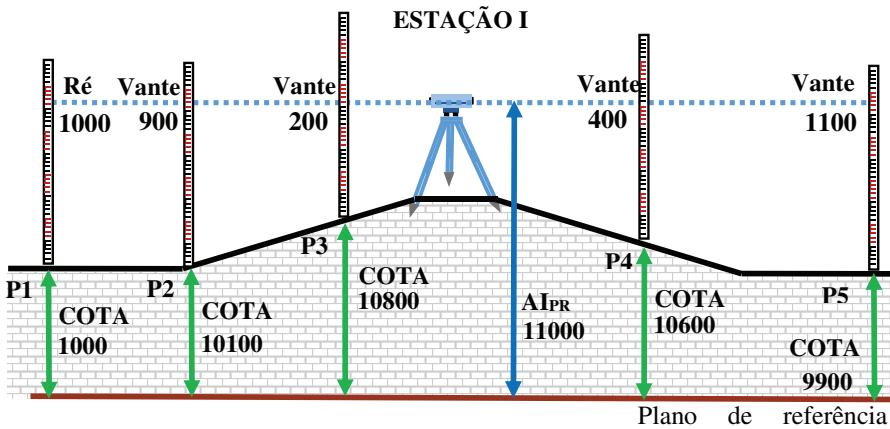


A tabela abaixo, demonstra como se insere em caderneta de campo, os valores do nivelamento geométrico simples da Figura 93.

Estação	Pontos visados	Leituras		AI _{PR}	Cota/Altitude
		Ré	Vante		
I	P1	1000		11000	10000
	P2		2000		9000

Como visto anteriormente, em um nívelamento geométrico simples existirá uma estação, apenas uma leitura de Ré e uma ou mais leituras de Vante. A Figura 94 demonstra um exemplo de nívelamento geométrico simples com várias Vantes.

Figura 94- Nivelamento geométrico simples.



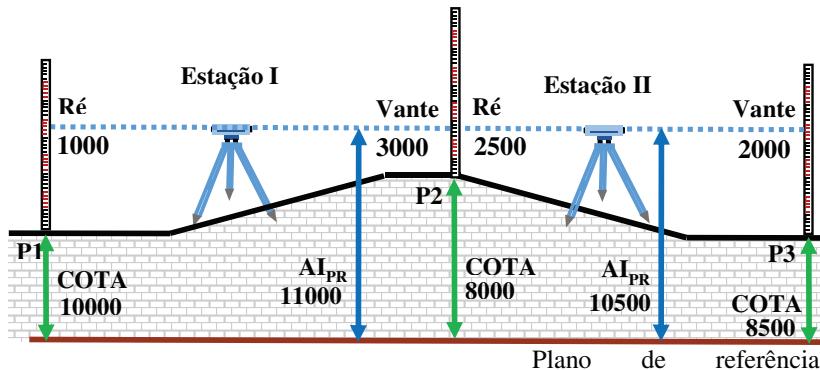
A tabela abaixo demonstra como são inseridos em caderneta de campo, os valores do nivelamento geométrico simples da Figura 94, com várias Vantes.

Estação	Pontos visados	Leituras		AI _{PR}	Cota/Altitude
		Ré	Vante		
I	P1	1000		11000	10000
	P2		900		10100
	P3		200		10800
	P4		400		10600
	P5		1100		9900

6. Procedimento de nivelamento Geométrico composto

Como visto anteriormente, o nivelamento geométrico composto caracteriza-se por apresentar duas ou mais estações. A Figura 95 demonstra um exemplo de nivelamento geométrico composto.

Figura 95 – Nivelamento geométrico composto



A tabela abaixo demonstra como se insere os valores do nívelamento geométrico composto da Figura 95, em caderneta de campo.

Estação	Pontos visados	Leituras		AI _{PR}	Cota/Altitude
		Ré	Vante		
I	P1	1000		11000	10000
	P2		3000		8000
II	P2	2500		10500	8000
	P3		2000		8500

O ponto que é comum às duas estações, que no caso da Figura 95 é o ponto P2, é chamado de ponto de mudança pois é ele a ligação entre elas.

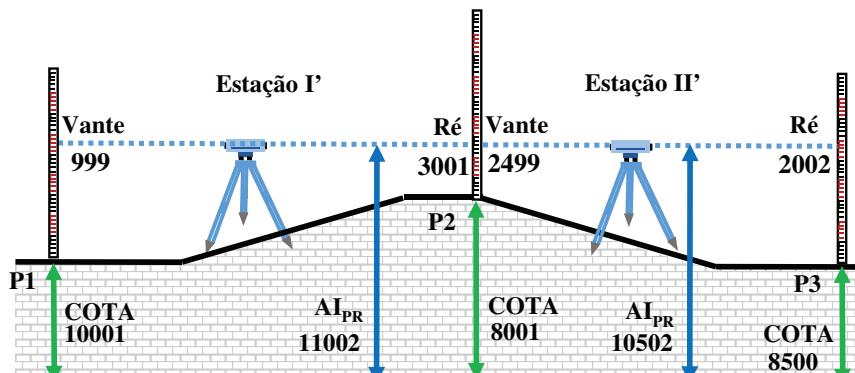
7. Transporte de RN

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

8. Contranivelamento

É o processo inverso ao nívelamento. Serve para conferir as altitudes/cotas de diversos pontos topográficos obtidos no nívelamento geométrico. Após a última estação no nívelamento, retira-se o instrumento do local e instala-se novamente, caracterizando-se como uma nova estação, fazendo-se a leitura de Ré no último ponto obtido e seguindo-se o percurso inverso ao do nívelamento. A Figura 96 demonstra um exemplo de contranivelamento.

Figura 96 – Contranivelamento.



A tabela abaixo demonstra como se inserem os valores do contranivelamento da Figura 96, em caderneta de campo.

Estação	Pontos visados	Leituras		AI _{PR}	Cota/Altitude
		Ré	Vante		
I	P1	1000		11000	10000
	P2		3000		8000
II	P2	2500		10500	8000
	P3		2000		8500
II'	P3	2002		10502	8500
	P2		2499		8001
I'	P2	3001		11002	8001
	P1		999		10001

9. Tolerância do nívelamento/contranívelamento

A tolerância de um nívelamento é calculada em função do perímetro percorrido em km, sem contar com o contranívelamento. Segundo GARCIA e PIEDADE (1984), classifica-se em:

- a) alta ordem: tolerância é de $\pm 1,5$ mm/km percorrido.
- b) primeira ordem: tolerância é de $\pm 2,5$ mm/km percorrido.
- c) segunda ordem: tolerância é de 1,0 cm/km percorrido.
- d) terceira ordem: tolerância é de 3,0 cm/km percorrido.
- e) quarta ordem: tolerância é de 10,0 cm/km percorrido.

Espartel (1987) utiliza a seguinte fórmula de tolerância:

$$T = \pm 5 \text{ mm} \times DH^{1/2}(\text{km})$$

10. Erro e distribuição

Os erros cometidos na obtenção dos valores nas medições, após o contranívelamento, são estimados ao se comparar os valores altimétricos de todos os pontos no nívelamento com os valores do contranívelamento, representados.

Esse erro deve estar menor que a tolerância, mas caso esteja maior, é necessário fazer o trabalho novamente. Se o erro estiver abaixo da tolerância, deve-se fazer a distribuição desse erro no trabalho.

A distribuição do erro ocorre subtraindo-se o valor da cota ou altitude de partida, início do nívelamento, pelo valor da cota ou altitude de chegada neste mesmo ponto, que é o ponto final do contranívelamento. Por exemplo, se o RN inicial teve valor de cota 10000 mm e o valor contranivelado foi 10006 mm, significa que houve um erro para mais, no valor de 6 mm. Esse valor deve ser dividido pela quantidade de estações e subtraído em cada cota e de forma acumulativa. Neste caso, o valor final foi de 9994 mm. Então, deve-se dividir os 6 mm que faltam pela quantidade de estações e somar em cada cota e de forma acumulativa.

A tabela abaixo demonstra um exemplo de como é preenchida uma caderneta de campo, com as correções e as cotas corrigidas do contranivelamento.

Considerando que para esta Tabela o erro cometido no trabalho foi de -6 mm, e que esse erro está abaixo ou dentro da tolerância, pode-se fazer a distribuição. Dividem-se os 6 mm por 6 estações e será obtida uma correção de 1 mm a mais para cada estação. Como é acumulativa teremos: +1 mm, +2 mm, +3 mm, +4 mm, + 5mm e + 6mm, respectivamente.

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

11. Exercícios de fixação

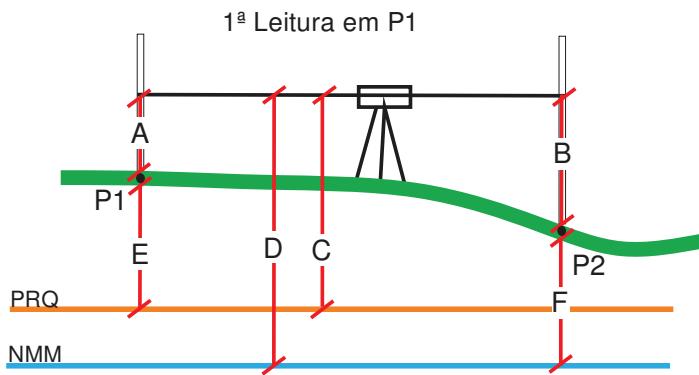
- 1) Definir cota.
- 2) Definir altitude.
- 3) Definir plano de referência.
- 4) Definir altura do instrumento.
- 5) Definir estação.

- 6) Qual a diferença entre nívelamento geométrico simples e composto?
- 7) Qual o princípio do nívelamento geométrico?
- 8) Foi realizado um lance de nívelamento geométrico entre os pontos A e B, cujas leituras efetuadas na mira foram: FM=1150 (A) e FM= 1532 (B). Sabendo-se que a cota do RN = 115,0 cm (ponto de ré em B), calcular o desnível entre os pontos A e B.
- 9) De acordo com os dados referentes ao nívelamento (Cota em A = 20000 mm; Leitura A = 2,125 m; Leitura B = 2007,5 mm; Leitura C = 09,5 dm), calcular, em milímetros, as cotas dos pontos B e C.
- 10) O que deve ser feito se o erro for maior que a tolerância ou a tolerância for maior que o erro.
- 11) O que é contranívelamento?
- 12) Preencha a caderneta abaixo.

Estações	Pontos visados	Ré	Vante	AIP _R	Cota/altitude
I	E0	200			
	E1		117		
II	E1	300			
	E2		366		
III	E2	100			
	E3		200		
III'	E3	202		11000	
	E2		105		
II'	E2	368			
	E1		301		
I'	E1	114			
	E0		201		

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

- 13) Informar o que significa cada uma das letras A, B, C, D, E e F, se cota, altitude, altura do instrumento, visada de ré ou visada de vante.



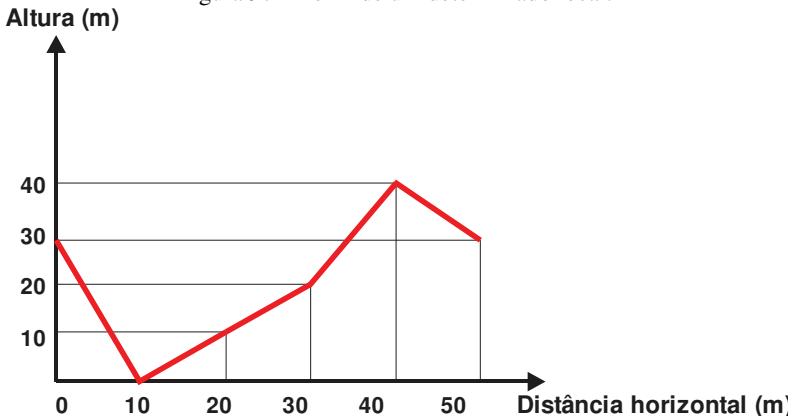
Capítulo 12

Perfil Longitudinal

1. Conceito

Perfil é uma representação gráfica do relevo de um determinado local visto de forma lateral em escala horizontal e vertical (Figura 97). São linhas resultantes da interseção de planos verticais com a superfície do terreno. Em topografia, podemos ter: o perfil longitudinal e o perfil transversal do terreno (seção transversal).

Figura 97 – Perfil de um determinado local.



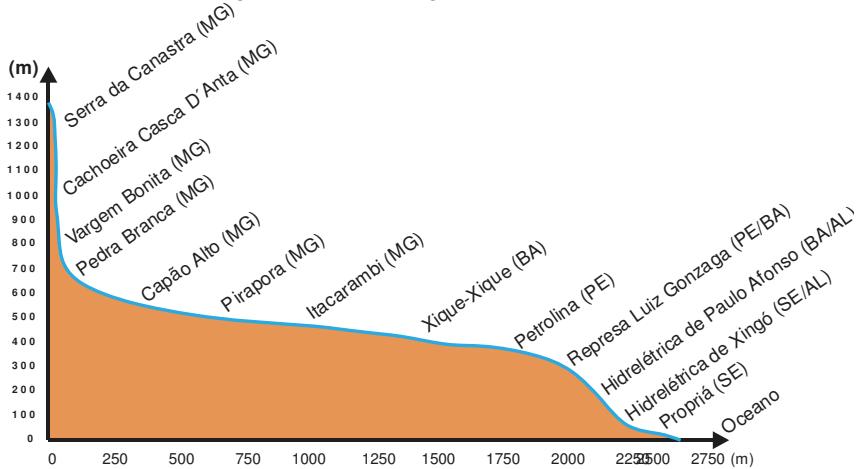
2. Perfil longitudinal

O perfil longitudinal corresponde a um corte efetuado longitudinalmente no eixo principal do projeto, quer seja um rio, estrada,

ponte, etc., no mesmo sentido e com a mesma referência (distância) de estaqueamento.

Na Figura 98 é mostrado um exemplo de um perfil, representando o perfil longitudinal do rio São Francisco, da sua nascente até sua foz.

Figura 98 – Perfil longitudinal do rio São Francisco.



3. Escalas

O desenho de um perfil, tanto longitudinal quanto transversal, deve ser realizado em duas escalas, sendo uma horizontal e outra vertical.

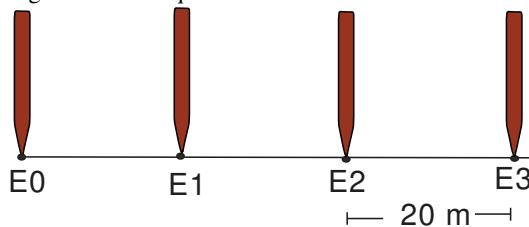
A escala horizontal é aquela que representa a distância horizontal (planimétrica). Já a escala vertical é aquela que representa a distância vertical do terreno (altimétrica). Normalmente a escala vertical é 10 vezes maior que a escala horizontal, por exemplo, se a escala horizontal for 1/100 e escala vertical deverá ser 1/10.

4. Estaqueamento

Estaqueamento topográfico é o processo realizado em campo, onde se materializa um segmento de reta, através do uso de balizas alinhadas (balizamento), marcando-se pontos topográficos, chamados de estacas (E0, E1, E2, E3, etc.). Objetiva-se com o estakeamento o

levantamento de pontos, através de nívelamento geométrico, para realização posterior do desenho de perfil ou locação de cotas ou altitudes de um determinado terreno. O estakeamento pode ser espaçado de acordo com a necessidade do trabalho, porém o mais comum, e que não precisa especificar na tabela o valor, é de 20 m (Figura 99).

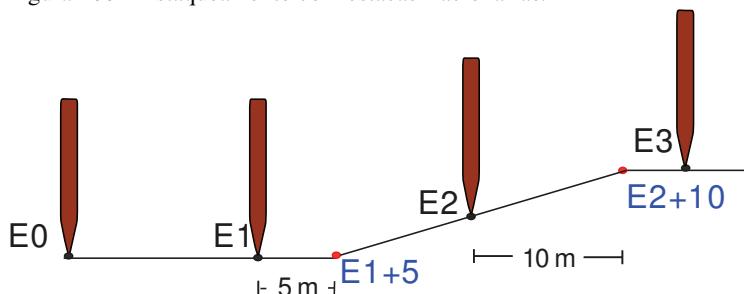
Figura 99 – Estakeamento de 20 m.



4.1. Estaca fracionária

Após se fazer o estakeamento, poderão existir pontos de interesse no terreno que não estejam nos pontos do espaçamento escolhido. São pontos onde há mudança de conformidade do relevo, também chamados de pontos notáveis, onde se faz o uso de estacas fracionárias. Tais estacas fracionárias são estacas partidas que não fazem parte do espaçamento regular inicialmente definido. A estaca fracionária recebe o nome da estaca anterior ao ponto em que ela se encontra, somada

Figura 100 – Estakeamento com estacas fracionárias.



com a distância da estaca anterior até ela. Como exemplo tem-se: E1+5 e E2+10 (Figura 100).

6. Desenho do perfil

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

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

Primeiro passo - verificar qual a distância horizontal foi percorrida

Deve ser observado que as estacas estão espaçadas de 20 em 20 m. Existem estacas que vão de E0 a E5, resultando em $5 \times 20\text{ m} = 100\text{ m}$ de distância horizontal.

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

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

Terceiro passo - escolha do tamanho do papel que se deve trabalhar

Tem-se A0 (841mm × 1189 mm); A1 (594 mm× 841 mm); A2 (420 mm × 594 mm); A3 (297 mm × 420 mm); A4 (210 mm × 297 mm); A5 (148 mm × 210 mm); A6 (105 mm× 148 mm); A7 (74 mm × 105 mm); A8 (52 mm× 74 mm); A9 (37 mm × 52 mm) e A10 (26 mm × 37 mm). Obs. Normalmente se utilizam os papéis A4, A3, A2, A1e A0.

No exemplo escolheu-se o papel A3 (297 mm x 420 mm).

Quarto passo - escolha da escala horizontal:

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

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

$$M=D/d$$

De acordo com o exemplo, tem-se que:

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

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

Como a escala 1:238,095 não é uma escala ideal, deve ser utilizada a escala ideal mais próxima e de maior módulo, que nesse caso é 1:250.

Obs.: Se a escala horizontal é 1:250, significa que a escala vertical a ser usada será 10 vezes maior, resultando na escala de 1:25.

Quinto passo - verificar se a escala vertical de 1:25 pode ser usada

A distância vertical do exemplo é de 2750 mm.

O tamanho menor do papel utilizado, é de 297 mm.

Então fazendo-se a relação na escala tem-se que:

$$M = D/d$$

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

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

$1: 10 > 1:25$

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

Sexto passo – determinação das escalas 1:250 e 1:25

Sétimo passo- desenho no papel a distância horizontal

Se a escala é 1:250, significa que cada 1 cm no papel equivale a 250 cm (2,5 m) no real (Figura 101).

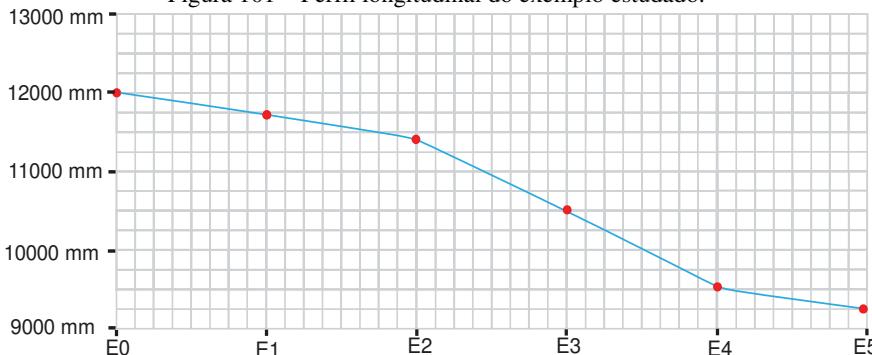
Se cada estaca tem 20 m, significa que a distância no papel entre cada estaca será de 8 cm.

Oitavo passo - desenho no papel da distância vertical

Se a escala é 1:25, significa que a cada 1 cm no papel equivale a 25cm (250 mm) no real (Figura 101).

Para cada 1000 mm no real têm-se 40 mm (4 cm) no papel.

Figura 101 – Perfil longitudinal do exemplo estudado.



Observação final:

Deve ser observado que o perfil longitudinal do exemplo resulta num declive e a diferença de nível entre a estaca inicial e final será negativa (-2750 mm). Caso a estaca E0 fosse 9250 mm e a estaca final fosse 12000 mm, resultaria num aclive e a diferença de nível seria positiva (+2750 mm).

7. Declividade

Declividade em porcentagem é a relação entre a distância vertical e distância horizontal entre dois pontos, multiplicada por 100. A fórmula da declividade é:

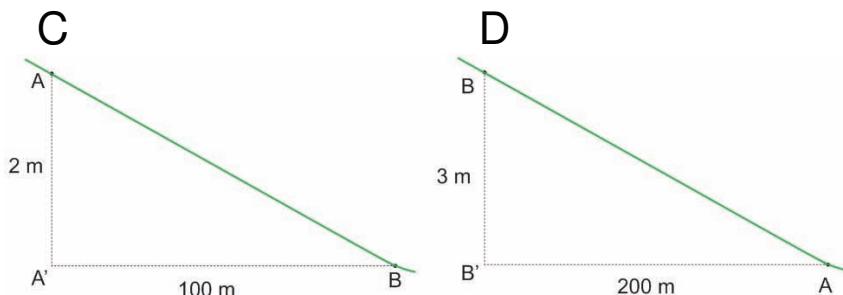
$$\frac{DV \times 100}{DH}$$

Na Figura 102C, a distância horizontal é de 100 m e a vertical é de 2 m. Então, considerando-se a declividade do ponto A até ponto B tem-se -2% de declividade (declive), ou seja, a cada 100 m na horizontal tem-se uma descida de 2 m na vertical.

Na Figura 102D, a distância horizontal é de 200 m e a vertical é de 3 m. Então, considerando a declividade do ponto A até ponto B tem-

se + 1,5% de declividade (acílice), ou seja, a cada 100 m na horizontal tem-se uma subida de 1,5 m na vertical.

Figura 102 – Declividade entre os pontos A e B.



8. Exercícios de fixação

- 1) Como se dá o processo de estakeamento?
- 2) Quais escalas devem existir ao se desenhar o perfil longitudinal de um terreno?
- 3) O que é perfil longitudinal?

4) Desenhar o perfil a partir do nívelamento geométrico abaixo:

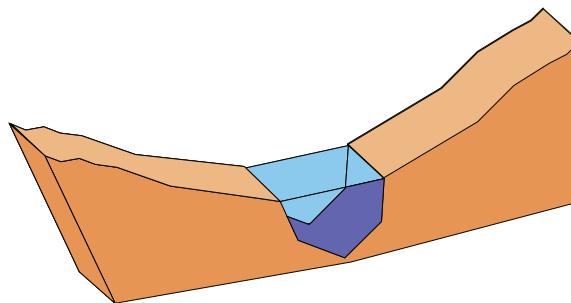
Estação	Ponto visado	Leitura na mira (mm)	Altura do instrumento (mm)	Cota (mm)	Obs
I	E0	400	10400	10000	Estacas de 20 em 20 m
	E1	550		9850	
	E2	900		9500	
	E3	1840		8560	
II	E3	2260	10820	8560	
	E4	3420		7400	
III	E4	2450	9850	7400	
	E5	2600		7250	

Capítulo 13

Seção Transversal

A seção transversal, quando se trata do plano, ou perfil transversal (quando se trata de vetores), corresponde a um corte efetuado paralelamente ao eixo principal do projeto relacionado a um rio, estrada, ponte, etc. (Figura 103).

Figura 103 – Seção transversal de um rio.

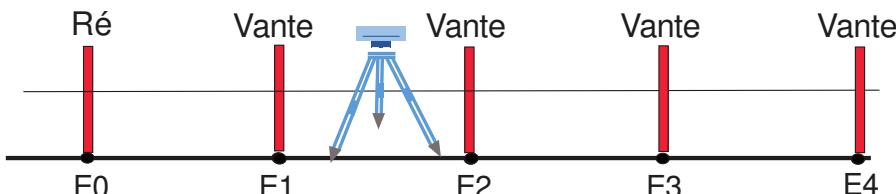


2. Procedimento

Após realizado o nivelamento geométrico para se traçar o perfil longitudinal (Figura 104), onde foi estabelecido o estaqueamento (estacas alinhadas espaçadas igualmente), é chegada a hora de traçar o perfil transversal.

Figura 104 - Nivelamento geométrico para obtenção das cotas/altitudes no eixo longitudinal.

Vista de perfil



Inicialmente, em cima da primeira estaca (E0), coloca-se o nível de luneta, zerando-se o ângulo do instrumento na próxima estaca com a baliza (E1). Também pode ser usado um gabarito para marcação das estacas à direita e à esquerda em ângulo de 90° com o eixo longitudinal.

Em seguida gira-se o nível de luneta até 90° , colocando-se duas balizas (uma atrás da outra) para indicar o lado direito da seção. Gira-se o instrumento novamente para 270° e colocam-se as duas balizas para formar o alinhamento do lado esquerdo da seção (Figura 105). Após este procedimento, marcam-se os pontos A, B, C e tantos quantos necessários dentro da seção, onde houver mudança de conformidade do relevo (Figura 106).

Figura 105 – Marcação dos pontos da seção S_0 .

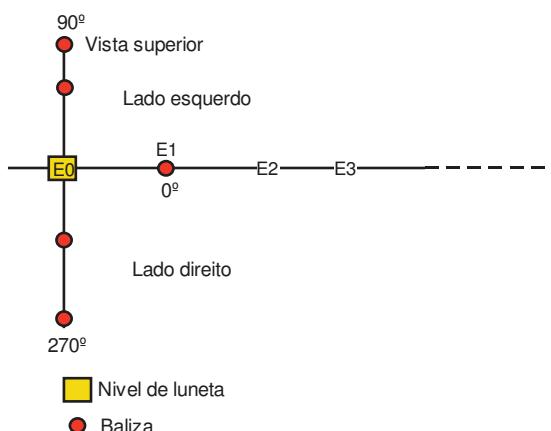
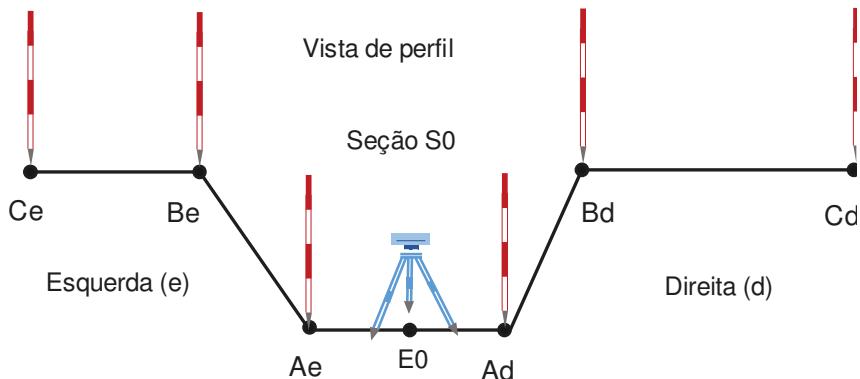


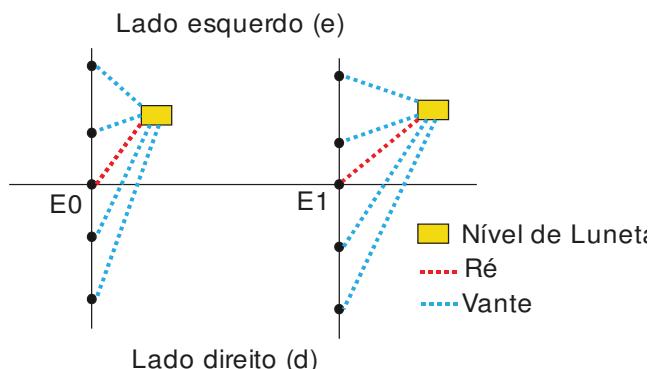
Figura 106 – Marcação dos pontos onde há mudança de conformidade do relevo.



Repete-se este procedimento da primeira estaca para todas as outras estacas. Após a marcação dos pontos, é chegada a hora de transportar os valores de cota ou altitude que estão no eixo longitudinal.

Instala-se o nível de luneta fora de qualquer ponto da seção, inclusive da estaca E_0 , fazendo-se a leitura de ré na estaca E_0 e as vantes nos pontos A, B, C, etc. da direita e A, B, C, etc. da esquerda da Seção 0 (Figura 107).

Figura 107 – Procedimento para obtenção das cotas/altitudes das seções S_0 e S_1 .

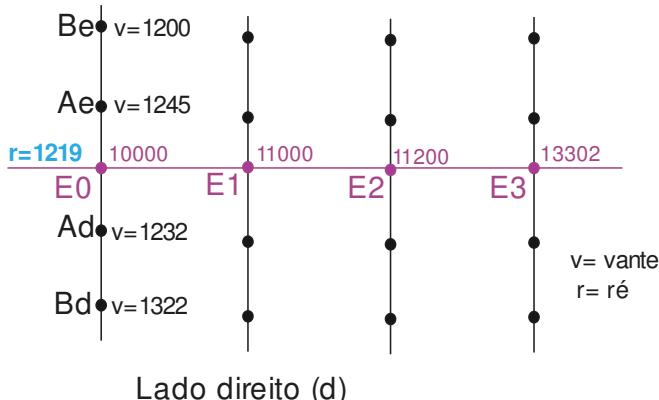


3. Preenchimento na Tabela

O preenchimento da seção S_0 na tabela é bem parecido com o preenchimento para o eixo longitudinal. Como mostra a tabela abaixo e de acordo com a Figura 108.

Figura 108 – Obtenção das cotas/altitudes da seção S_0 .

- RN = 13000 Lado esquerdo(e)



Lado direito (d)

Estação	Ponto visado	Leitura	AI _{PR}	Cota/Altitude	Obs.
I	RN	500	13500	13000	
	E0	3500		10000	
	E1	2000		11000	
	E2	1800		11200	
	E3	198		13302	
S_0	E0	1219	11219	10000	
	Ad	1232		9987	
	Bd	1322		8665	
	Ae	1245		7420	
	Bd	1200		6220	

4. Desenho do perfil transversal

Para se desenhar o perfil transversal, utiliza-se o mesmo procedimento do perfil longitudinal, visto no capítulo anterior.

5. Exercício de fixação

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

Cotas do estaqueamento longitudinal:

$E_0 = 50000\text{mm}$; $E_4 = 53367\text{mm}$

$E_1 = 51000\text{mm}$; $E_5 = 54418\text{mm}$

$E_2 = 51392\text{mm}$; $E_6 = 52611\text{mm}$

$E_3 = 52665\text{mm}$; $E_7 = 50855\text{mm}$

Estação	Estaca	Leitura	AI _{PR}	Cota/Altitude
S_2	E2	160		
	Ad	233		
	Bd	1354		
	Ae	1242		
S_4	Ad	231		
	Ae	1213		
	E4	2458		

- 2) Diferencie perfil longitudinal e seção transversal.

- 3) Diferencie perfil transversal e seção transversal.

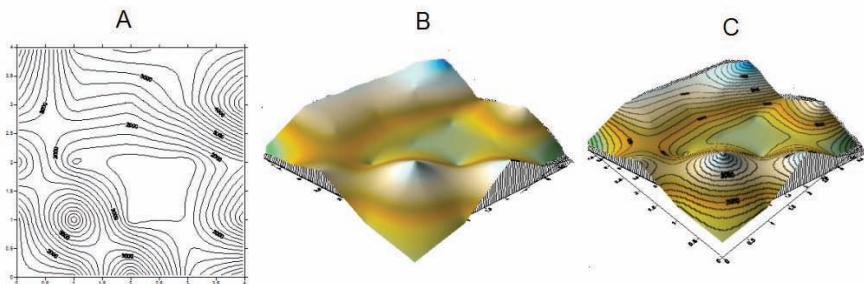
Capítulo 14

Curvas de nível

1. Conceito

Curva de nível é uma forma de representação do relevo, a partir de linhas imaginárias que unem pontos de igual altura no terreno (cota ou altitude) e equidistantes entre si, representadas em uma planta/carta/mapa. (Figura 109).

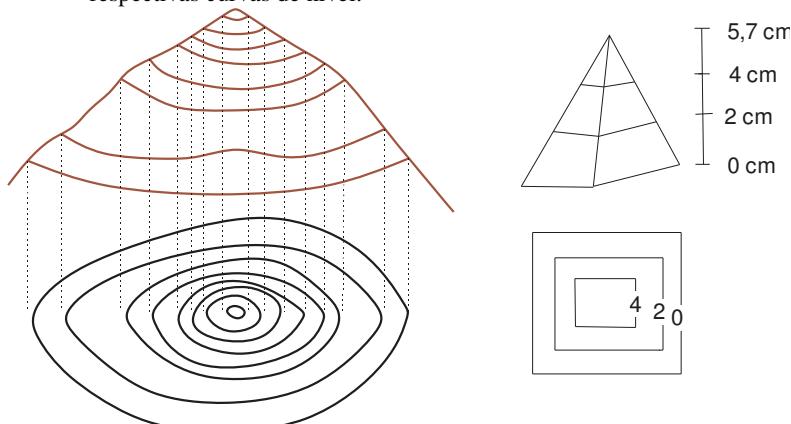
Figura 109- Em A as curvas de nível em planta, correspondentes ao terreno (B) e em C as curvas de nível imaginariamente no terreno.



2. Porque é curva?

É chamada de curva pois normalmente os terrenos naturais tendem a ter uma certa curvatura devido ao desgaste natural erosivo do terreno, não possuindo arestas, cuja projeção ortométrica resulta numa curva (Figura 110, esquerda). Caso as curvas fossem oriundas de uma pirâmide, com arestas e figura regular, seria em forma de quadrado ou retângulos, como mostra a Figura 110, direita).

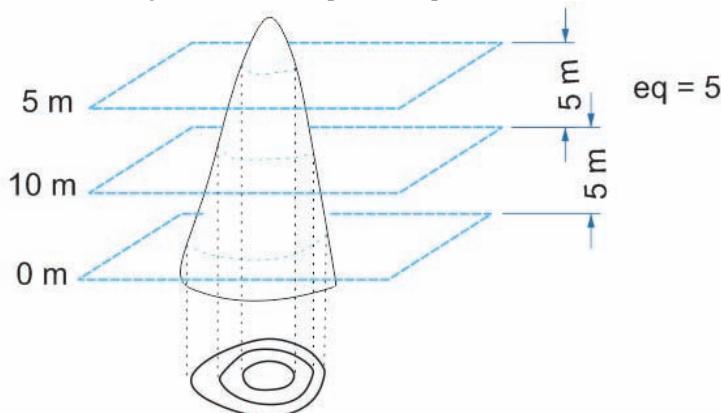
Figura 110- Na esquerda o terreno natural e na direita uma pirâmide, ambos com suas respectivas curvas de nível.



3. Equidistância

Eqüidistância (eq) da curva de nível é o nome dado à distância vertical constante entre as linhas imaginárias formadoras das curvas de nível. Parte-se da hipótese que no terreno passam planos horizontais equidistantes entre si e que ao “tocarem” o terreno, geram linhas de contato com a superfície. As projeções ortogonais dessas linhas dão origem às curvas de nível (Figura 111)

Figura 111- Planos que interceptam o terreno.



4. Escala vs. Equidistância

Segundo a NBR 13133, o uso da escala deve estar de acordo com a equidistância abaixo:

Escala	Equidistância
1:500 a 1:1000	1
1:2000	2
1:5000	5
1:10000	10

5. Equidistância vs. Representação do terreno

Quanto menor for a equidistância, melhor será representado o relevo. Na Figura 112, por exemplo, utilizando-se uma equidistância de 100 m, algum detalhe do relevo não será representado pelas curvas de nível. A Figura 113 demonstra que no mesmo relevo, utilizando-se uma equidistância de 50 m, será permitido uma melhor representação deste relevo através das curvas de nível.

Figura 112- Equidistância de 100 m.

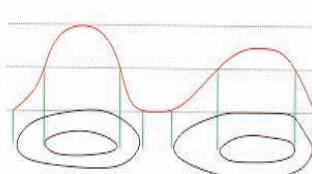
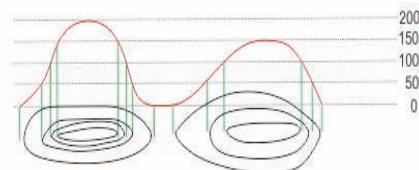


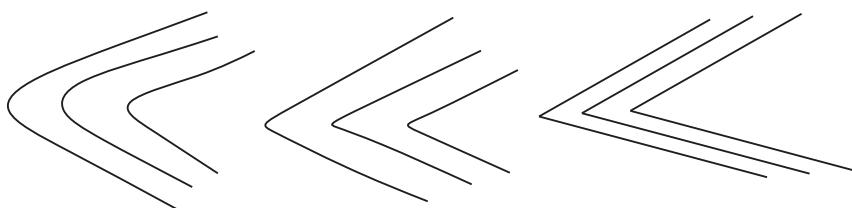
Figura 113- Equidistância de 50 m.



6. Características das curvas de nível

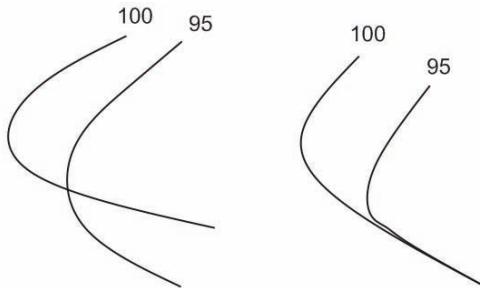
As curvas de nível, em terrenos naturais, são isentas de curvas bruscas e ângulos vivos, devendo ter a forma suave (Figura 114).

Figura 114 – Na esquerda curva suave, no meio curva brusca e na direita ângulo vivo.



As curvas de nível jamais se encontram (Figura 115), pois essas linhas imaginárias possuem altitudes diferentes, portanto jamais irão se cruzar, pois não existe um mesmo ponto com duas altitudes distintas.

Figura 115- Curvas de nível erroneamente se cruzando ou se encontrando.



Outra propriedade importante deve-se ao afastamento das curvas de nível. Quanto mais afastadas uma das outras significa que o relevo é mais plano. Ao contrário, quanto mais juntas significam que aquele relevo é mais íngreme. Na Figura 116 e 117, a distância vertical em AB é a mesma que em BC, embora a distância horizontal AB seja três vezes menor que BC. Pela fórmula da declividade tem-se que:

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

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

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

Figura 116 – Segmentos AB e BC em planta com curvas de nível com equidistância de 1 m.

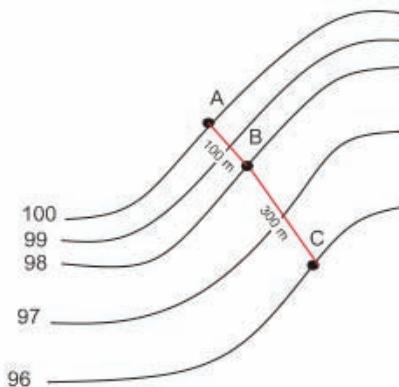
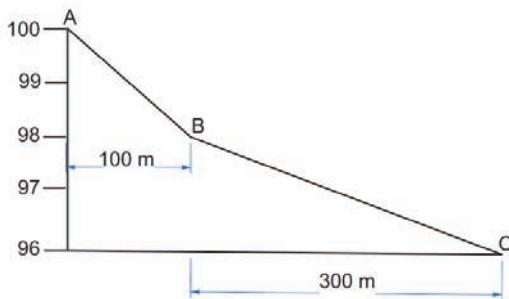
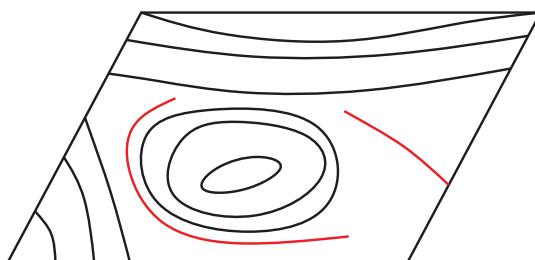


Figura 117 – Segmentos AB e BC em perfil nas curvas de nível equidistantes em 1 m.



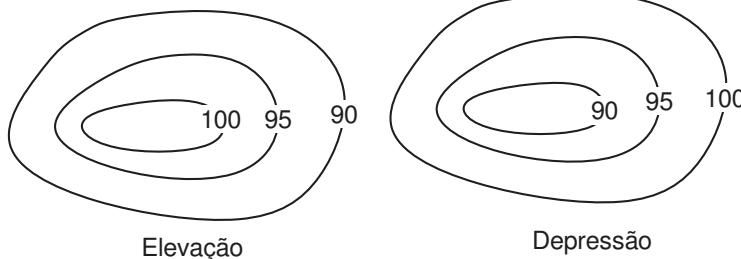
As curvas de nível jamais se interrompem. Elas sempre dão uma volta completa nela mesma. Existem plantas onde elas param na borda, mas continuam em outra planta. Na figura 118, existem duas curvas que estão sendo interrompidas bruscamente, portanto está incorreto.

Figura 118 – Curvas de nível em vermelho se interrompendo.



No relevo podem existir curvas de nível apresentando duas características bastante similares: elevação e depressão. Na depressão, as curvas de nível externas apresentam altura (cota ou altitude) superior às internas. Na elevação as curvas de nível externas apresentam menor altura (cota ou altitude) que as externas, como mostra a Figura 119.

Figura 119 – Na esquerda, elevação, e na direita, depressão.

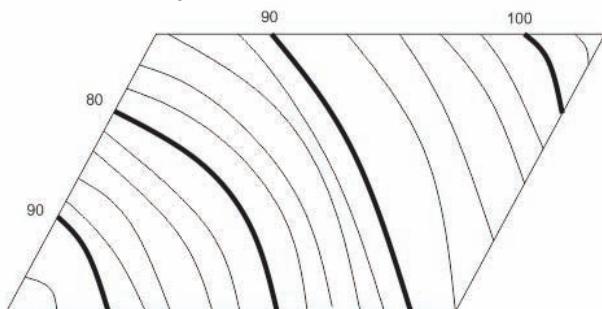


7. Segundo seus traços

As curvas de nível, conforme a espessura de seus traços, são classificadas em curvas mestras e intermediárias (comuns). As curvas mestras são curvas geralmente múltiplas de 2, 5 ou 10 metros, representadas por traços mais grossos e cotadas. São utilizadas para facilitar a visualização. Entre uma curva mestra e outra temos 4 intermediárias. As curvas intermediárias ou comuns são representadas por traços mais fracos, preferencialmente não cotadas (Figura 120).

Em se tratando de cor, as plantas coloridas deverão apresentar as curvas de nível em cor marrom ou sépia. Quando a planta for monocromática é necessário utilizar a cor preta.

Figura 120 – Curvas mestras e intermediárias.



8. Pontos e linha notáveis das curvas de nível

As curvas de nível são compostas por talvegues, divisores de água, gargantas, contrafortes, entre outros.

Os talvegues são linhas de recolhimento de água nas curvas de nível. Para se encontrar um talvegue numa planta/carta/mapa é só verificar as curvas de menores cotas “apontando” para as curvas de maiores cotas, assim, desce um talvegue. Pode-se também verificar os em gargantas, onde nascem a partir delas mesmas (Figura 121).

Os divisores de água são linhas que dividem o sentido de escoamento da água, delimitando as bacias. Para encontrá-los numa planta, devem-se procurar as elevações, gargantas e curvas onde as cotas de valores maiores apontam para curvas de cotas de menores valores (Figura 122).

Figura 121 – Talvegue e o sentido de escoamento da água.

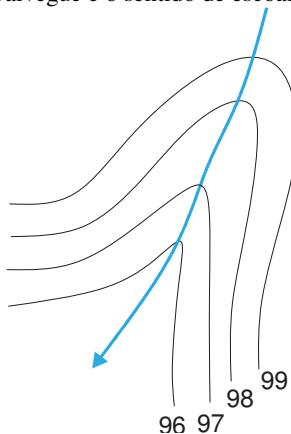
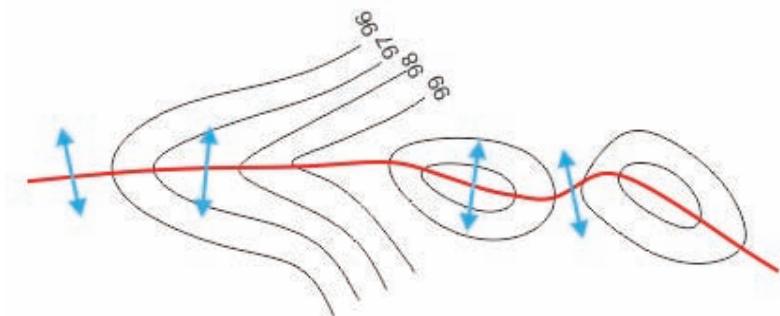
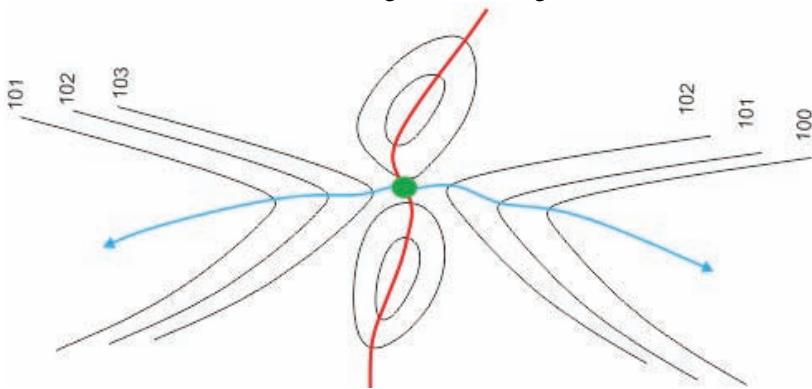


Figura 122 – Divisores de água.



Garganta, é um ponto notável do terreno, estando situado numa posição mais alta entre dois talvegues e mais baixa entre dois divisores. Esse tipo de relevo se assemelha a uma sela de cavalo, onde o centro da sela seria a garganta, as partes mais altas seriam os divisores e as partes mais baixas (onde se colocam as pernas) seriam os talvegues (Figura 123).

Figura 123 – Garganta.



9. Local para construção de barragens

As barragens são construções destinadas ao armazenamento de água. Portanto, em uma planta com curvas de nível, as barragens devem estar bloqueando as águas, devendo estar no caminho e perpendiculares aos talvegues para favorecer o acúmulo de água.

Elas devem começar numa cota X e terminar na mesma cota X, pois não existe barragem que comece com 5 metros e termina com 4 metros de altura. Deve-se também verificar a altura necessária para uma barragem de acordo com a diferença de cotas na barragem.

10. Delimitação de bacias através da hidrografia

As bacias hidrográficas (Figura 124) são delimitadas através dos divisores de água. Nos locais do terreno onde escoa a água, constituem-se nos talvegues, enquanto que nos lugares onde a água se divide constituem-se nos divisores d'água. Então, como os rios são talvegues naturais, o espaço compreendido entre um talvegue e outro é divisor de águas, conforme a Figura 125.

Figura 124 – Hidrografia ou rede de drenagem de um determinado lugar.

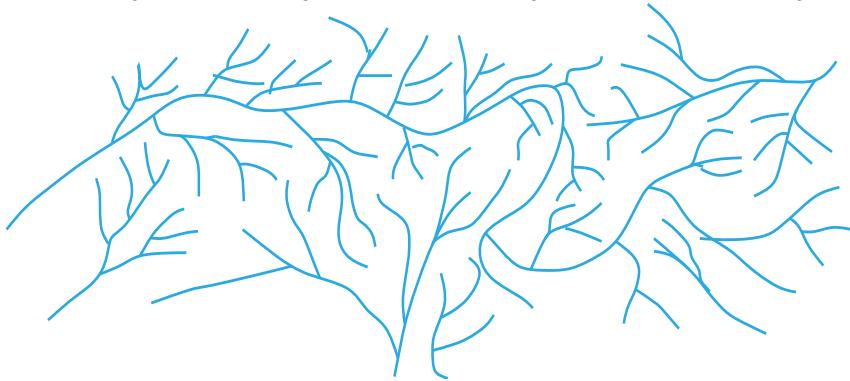
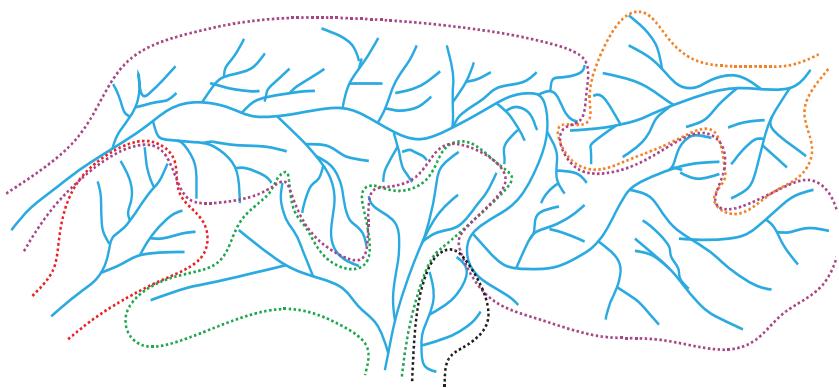


Figura 125 – Bacias hidrográficas de um determinado lugar.



10. Exercícios de fixação

1. Cite as principais características das curvas de nível.
2. Conceitue elevação, depressão e equidistância.
3. Informe a diferença entre curvas mestras e intermediárias.

Capítulo 15

Quadriculação do terreno e interpolação das curvas de nível

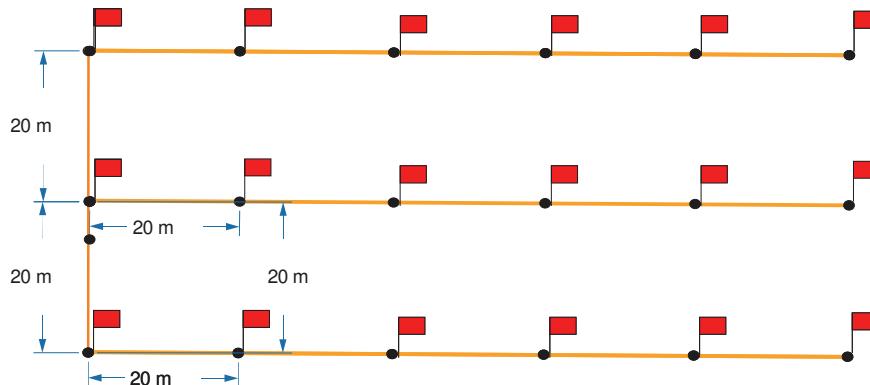
1. Quadriculação

Existem diversos métodos para obtenção das curvas de nível, dentre eles, destaca-se a quadriculação e seções transversais, este último assunto foi visto no capítulo anterior.

A quadriculação é um método bastante preciso, demorado e recomendado para áreas pequenas, sendo utilizado em edificações, parques industriais, construção de aeroportos, pátios de secagem de grãos, irrigação, piscicultura, etc.

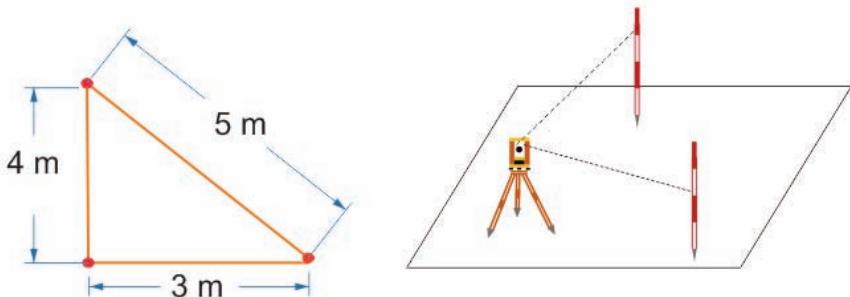
Consiste em quadricular o terreno com piquetes e bandeiras e realizar o nivelamento geométrico (Figura 126). O espaçamento será de acordo com o tamanho da área, do relevo e do tipo de projeto que se quer executar.

Figura 126 – Quadriculação do terreno com espaçamento de 20 m.



Para início do trabalho, escolhe-se o ponto de origem no terreno, e com auxílio o teodolito ou de três balizas ou de trenas (Uso da fórmula de Pitágoras – 3m, 4m e 5m na trena) traçam-se as coordenadas X e Y, com ângulo de 90° os cantos (Figura 127).

Figura 127 – Método para traçar as coordenadas X e Y.



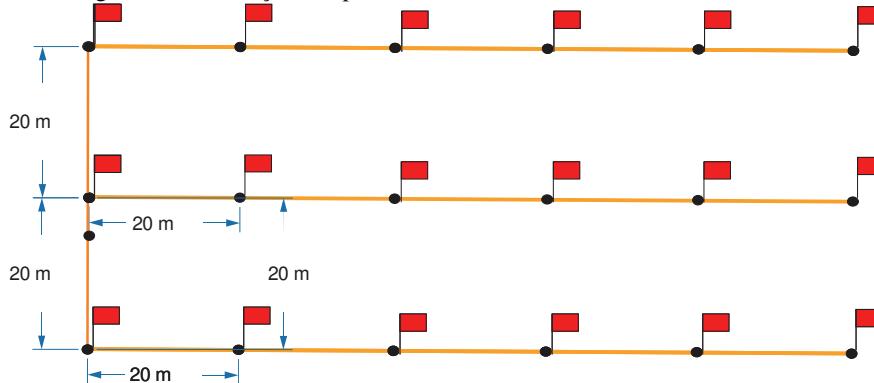
Após a determinação do sentido das coordenadas cartesianas, colocam-se balizas alinhadas a essas coordenadas X e Y. (Figura 128).

Figura 128 – Balizas alinhadas nas coordenadas X e Y.



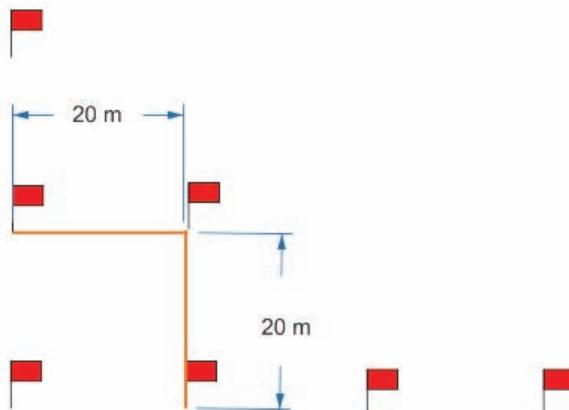
Com auxílio de uma trena, marcam-se com bandeiras os pontos espaçados, por exemplo a cada 20 m, nas coordenadas X e Y (Figura 129).

Figura 129- Marcação dos pontos de 20 em 20 m nas coordenadas X e Y.



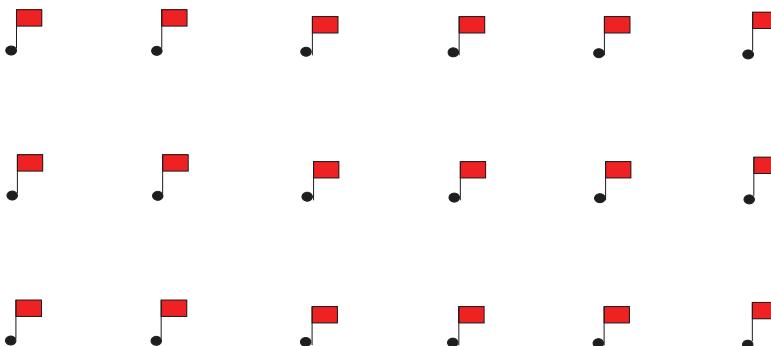
Marcam-se os pontos internos com o auxílio de duas trenas. Duas pessoas saem para o local aproximado onde será o próximo ponto; uma com trena a 20 metros da coordenada X e outra com trena a 20 metros da coordenada Y (Figura 130).

Figura 130 – Marcação dos pontos internos.



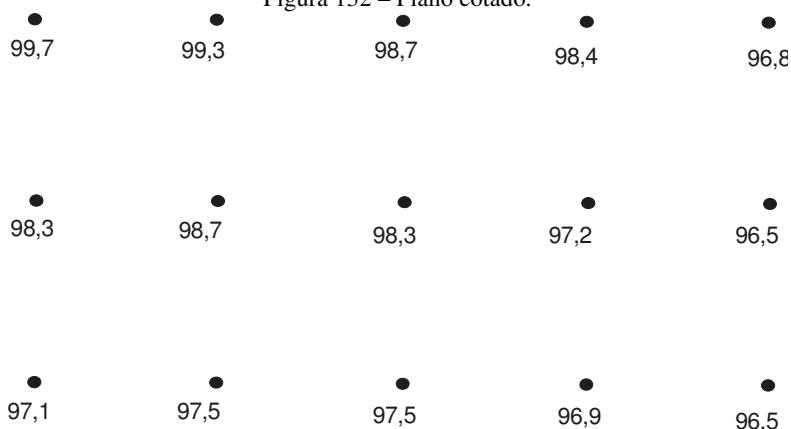
Ao final, tem-se o terreno todo quadriculado (Figura 131).

Figura 131- Terreno quadriculado.



Após a quadriculação se faz o transporte de RN (Capítulo Nivelamento Geométrico) para obtenção de todas as cotas ou altitudes. O produto final será um plano cotado, igual ao gerado com o perfil longitudinal e seções transversais, estudados nos capítulos anteriores (Figura 132).

Figura 132 – Plano cotado.

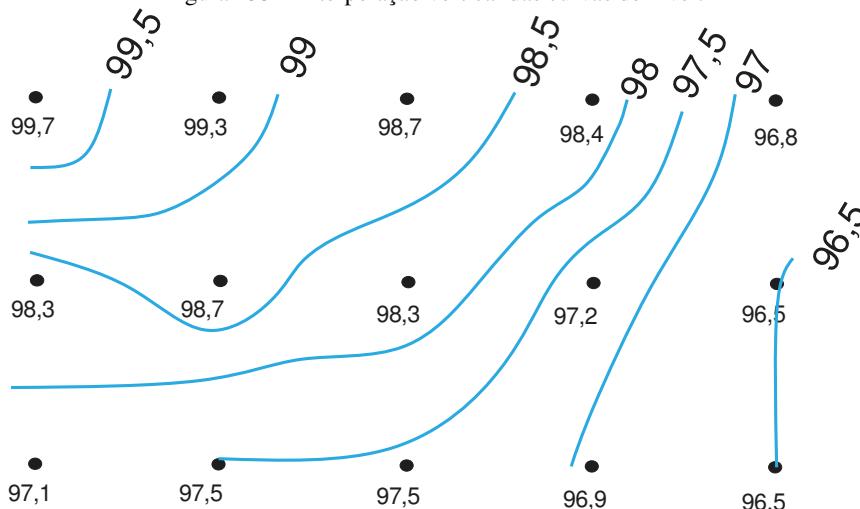


2. Interpolação

2.1. Interpolação vertical das curvas de nível através da quadriculação

Após a quadriculação e obtenção do plano cotado, segue-se para o traçado das curvas de nível. Como as alturas obtidas dos pontos do terreno são muito variadas e fracionadas, se faz necessária a interpolação vertical para valores inteiros e equidistantes. Além da interpolação vertical, é necessária a interpolação horizontal, que consiste em se calcular horizontalmente onde passará cada linha. Na Figura 133 foram traçadas as curvas com equidistância de 0,5 m dentro das possibilidades do terreno (96,5 m, 97 m, 97,5 m, 98 m, 98,5 m, 99 m e 99,5 m).

Figura 133 – Interpolação vertical das curvas de nível.

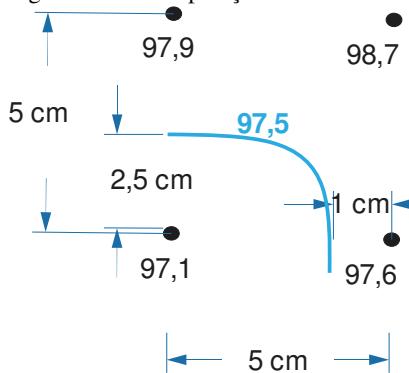


2.2. Interpolação horizontal das curvas de nível através da quadriculação

A interpolação horizontal das curvas de nível, visa deixar a curva de nível horizontalmente proporcional, entre os pontos em que ela passa.

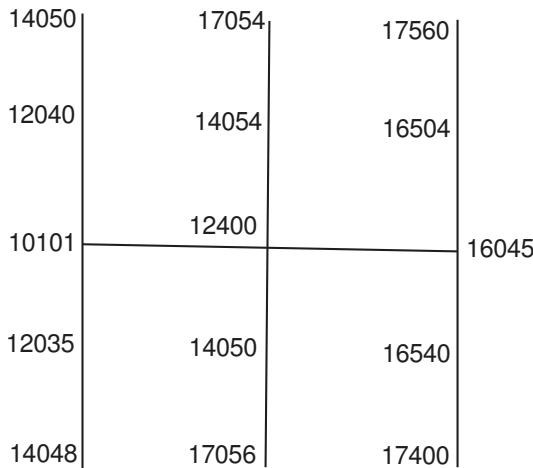
Na Figura 134, a curva 97,5 passa, obviamente entre 97,1 - 97,6 e 97,1 e 97,9. A distância entre 97,1 e 97,6 é de 5 cm. Se for dividida a distância entre 97,1 e 97,6 obtém-se 5 cm. Dividindo-se 5 cm pela diferença entre 97,1 e 97,6 (5) equivalerá a 1 cm planimétrico para cada 0,1 m altimétrico. Como 97,5 está a 0,4 m de 97,1, então: $1 \times 4 = 4$ cm, ou seja, a curva de nível 97,5 passará há 4 cm de 97,1 e 1 cm de 97,6. Da mesma forma, a distância entre 97,1 e 97,9 também é de 5 cm. Se forem divididos 5 cm pela diferença entre 97,1 e 97,9 (8) equivalerá a 0,625 cm planimétrico para cada 0,1 m altimétrico. Como 97,5 está a 0,4 m de 97,1, então: $0,625 \times 4 = 2,5$ cm, ou seja, a curva de nível 97,5 passará há 2,5 cm de 97,9 e 97,1.

Figura 134 – Interpolação horizontal.

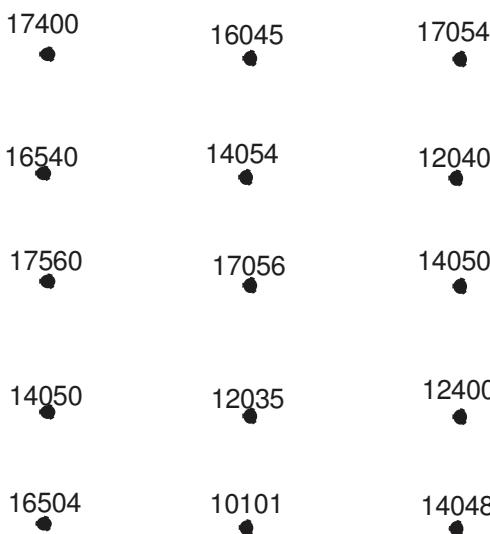


3. Exercício de fixação

- 1) Interpolar o plano seguinte, com equidistância equivalente a 500 mm.



- 2) Interpolar o plano seguinte, com equidistância equivalente a 500 mm.



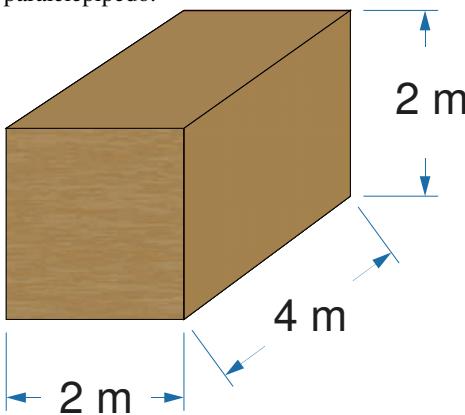
Capítulo 16

Cálculo de volume

1. Volumes em terrenos

O cálculo de volume para Topografia consiste em se calcular o volume de uma determinada quantidade de terra, característico daquele lugar. É necessário saber o volume inicial para poder executar o volume final do projeto, de forma a se fazer o menor movimento de terras possível, pois esse movimento é bastante oneroso, aproveitando-se sempre que possível, a terra do corte para o aterro. Como em toda Topografia, é necessário se imaginar que aquela determinada quantidade de terra é uma figura geométrica e, assim, possibilitar a realização de cálculos.

Figura 135 – Cálculo de volume de um paralelepípedo.



A Figura 135, exemplifica um cálculo de volume de um terreno em forma de um paralelepípedo, onde temos o volume de 16 m^3 .

2. Cálculo de volumes em curvas de nível

Para obtenção do cálculo de volume de um terreno, através de uma planta com curvas de nível, tem-se a seguinte fórmula:

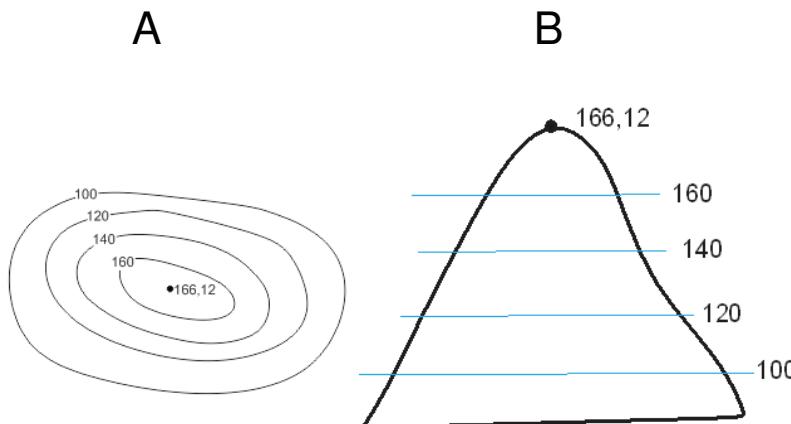
$$V = \frac{(A_1 + A_2)}{2} \cdot e q$$

Essa fórmula representa o volume entre duas cotas consecutivas.

No exemplo abaixo existe um terreno representado por curvas de nível (Figura 136A) e seu correspondente perfil (Figura 136B). Considerando-se que a área da cota 100 = 1000m²; da cota 120 = 900 m²; da cota 140 = 800 m²; e da cota 160 = 700 m², deseja-se descobrir o volume da cota 100 até o cume. Então, dividindo-se em vários volumes tem-se que: V₁ = cota 100 à cota 120; V₂ = cota 120 à cota 140; V₃ = cota 140 à cota 160 e V₄ = da cota 160 ao cume 166,12. Assim, o volume total será igual à soma de todos os volumes encontrados.

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

Figura 136 – Curvas de nível em A representadas no perfil em B.



Para V₁: Área da cota 100 = 1000 m ² Área da cota 120 = 900 m ² $V_1 = \frac{(1000+900)}{2} \cdot 20 = 19.000 \text{ m}^3$	Para V₂: Área da cota 120 = 900 m ² Área da cota 140 = 800 m ² $V_2 = \frac{(900+800)}{2} \cdot 20 = 17.000 \text{ m}^3$
Para V₃: Área de cota 140 = 800 m ² Área da cota 160 = 700 m ² $V_3 = \frac{(800+700)}{2} \times 20 = 15.000 \text{ m}^3$	Para V₄ (fórmula de um cone): Área da cota 160 = 700 m ² $V_4 = \frac{(700 \cdot 6,12)}{3} = 1.428 \text{ m}^3$
Volume total: VT = V₁ + V₂ + V₃ + V₄ = 52.428 m³	

3. Exercícios de fixação

- 1) Calcule o volume de uma montanha de cume igual a 196,3 m, com equidistância de 30 m entre as curvas. A área na cota 100 = 1800 m²; área na cota 130 = 1600 m²; área na cota 160 = 1000 m²; e área na cota 190 = 800 m².
- 2) Calcule o volume da bacia hidráulica correspondente a um lago de cota 74 m no ponto mais baixo e o nível da água está na cota 85 m. A área na cota 90 = 800 m²; área na cota 85 = 900 m²; área na cota 80 = 1000 m²; e área na cota 75 = 1200 m².

REFERÊNCIAS

- BERNARDI, J. V. E.; LADIM, P. M. B. **Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na coleta de dados.** Universidade Federal de Rondônia. 2002.
- COMASTRI, J. A. & GRIPP JR. J. **Topografia aplicada: Medição, divisão e demarcação.** Viçosa: UFV, 1998.
- DOUBEK, A. **Topografia.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989, 205p.
- ESPARTEL, L. **Curso de Topografia.** 9 ed. Rio de Janeiro, Globo, 1987.
- GARCIA, G. J. & PIEDADE, G. R. **Topografia aplicada às ciências agrárias.** 5. ed. São Paulo, Nobel, 1989. 256 p.
- LAGO, I. F. do; FERREIRA, L. D. D.; KRUEGER, C. P. GPS E GLONASS: Aspectos teóricos e aplicações práticas. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v.8, n.2, p. 37-53, 2002.
- MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das Agriculturas no Mundo. Do Neolítico à crise contemporânea.** São Paulo, Editora UNESP, 2008.
- MCCORMAC, J. **Topografia.** 5 ed. Rio de Janeiro, Editora LTC, 2007.
- Museu de Topografia Prof. Laureano Ibrahim Chaffe. **Museu de Topografia** Departamento de Geodésia – IG/UFRGS. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/igeo/m.topografia>. Acesso em: 19/01/2014.
- VALENTINE, T. **A Grande Pirâmide.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1976. Pré historia, Historia antiga.
- VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M.A.Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de Topografia.** Universidade Federal do Paraná. 2012.
- VÉRAS JÚNIOR, LUIS. **Topografia - Notas de aula.** Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE. 2003.

AUTORES

José Machado Coelho Júnior



Possui graduação e mestrado em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e doutorado em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). É professor do Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE desde 2012, estando atualmente no quadro de professor adjunto.

Fernando Cartaxo Rolim Neto

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), mestrado em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e doutorado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). É professor do Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE desde 1992, estando atualmente no quadro de professor associado e também do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFRPE.



Júlio da Silva Correa de Oliveira Andrade



Possui graduação e mestrado em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). É professor do Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE desde 2013, estando atualmente no quadro de professor assistente.

Este livro é destinado a pessoas que tenham interesse em conhecer, aprender e desenvolver novos conhecimentos de Topografia. É voltado desde o público iniciante até os mais avançados na área de Topografia. Esta obra informa de maneira clara os passos da Topografia clássica e moderna começando desde sua história. Seguimos uma orientação pedagógica bastante criteriosa mostrando passo-a-passo de como se obter o conhecimento da Topografia através de aulas práticas e teóricas. É indicado à alunos de Engenharia Agrícola, Engenharia de Agrimensura, Engenharia Agronômica, Engenharia Ambiental, Engenharia Cartográfica, Engenharia Civil, Engenharia Florestal, Engenharia de Pesca, Técnico em Edificações, Técnico em Saneamento, Técnico em Topografia e Zootecnia.

José Machado

ISBN 978-85-7946-182-8



A standard 1D barcode representing the ISBN number 978-85-7946-182-8. The barcode is composed of vertical black lines of varying widths on a white background.

9 788579 461828