



Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Departamento de Engenharia de Biosistemas



APONTAMENTOS DE AULA

Capítulo 1 – Introdução a Topografia

Material integrante da apostila de apoio à disciplina
LEB0340 – Topografia

Responsável: Prof. Dr. Peterson Ricardo Fiorio

Colaboradores: Dra. Érica Nakai

Isa Marchini Rolisola

Piracicaba

2019

1. INTRODUÇÃO

A Terra observada a 900 km da superfície apresenta uma forma esférica. Porém, conforme nos aproximamos da superfície terrestre, nota-se que há diferentes formas no relevo (Figura 1).



Figura 1 – À esquerda, Terra vista do espaço, imagem obtida pelo satélite NOAA (NASA *Goddard Space Flight Center*, 2014); à direita Parque Nacional da Chapada dos Guimarães (Fonte: Beto Garavello/LUME, Ministério do Turismo).

O **terreno** é uma porção de terra ou do meio físico que engloba desde a parte de uma paisagem até diversas paisagens.

Dessa forma, a grande questão é: como representar o terreno?

1.1 CIÊNCIAS GEODÉSICAS

Para a representação do terreno pode-se trabalhar com diferentes áreas: Geodésia, Cartografia e Topografia.

1.1.1 GEODÉSIA

A **Geodésia** estuda as formas e dimensões da Terra, considerando esta como um geoide. O termo geoide foi criado por J. F. Listing em 1873 e é definido como “uma superfície equipotencial do campo de gravidade da Terra que coincide com o nível médio não perturbado

dos mares” (IBGE, 2019), sem variação de pressão atmosférica, sem atração de outros corpos celestes (Sol e Lua: marés e ondas) e supostamente adentrando aos continentes (Figura 2).

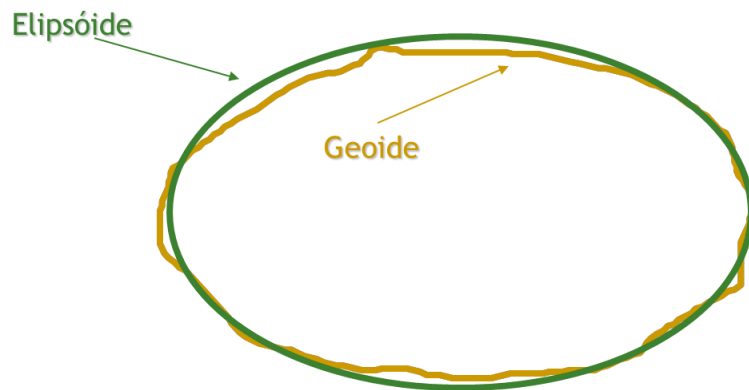


Figura 2 - Geoide e Elipsoide

O geoide se caracteriza por:

- Se aproximar do nível médio dos mares;
- Ser função da densidade da Terra;
- Ser uma superfície ondulada, e
- Referenciar o nivelamento geométrico.

O elipsoide consiste num modelo matemático que define a superfície terrestre, e que mais se aproxima do geoide, a verdadeira figura da Terra. Em outras palavras, é uma figura geométrica, a elipse, que girada em torno de seu eixo menor forma um volume, o elipsoide de revolução, achatado nos polos.

Os elipsoides de referência são usados como superfície para realização de cálculos geodésicos, para a definição das coordenadas de pontos (latitude, longitude e altitude) e nas elaborações de representações cartográficas (Figura 3).

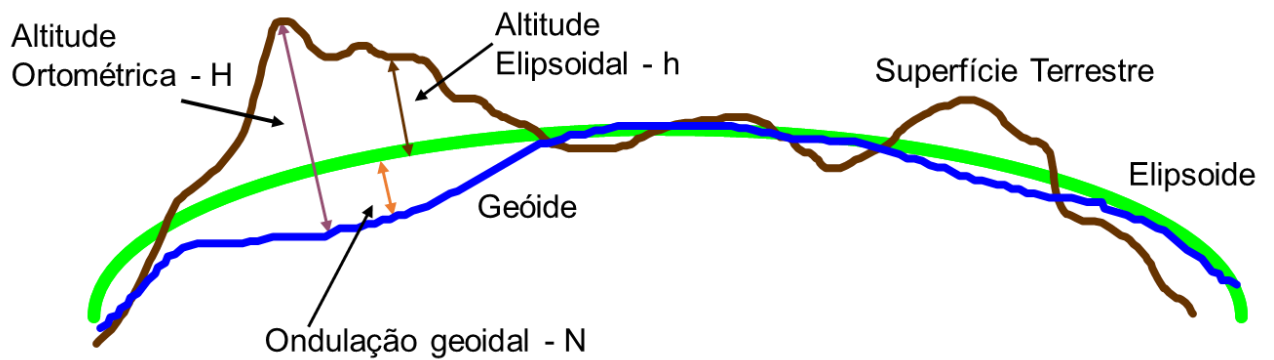


Figura 3 – Comparativo entre a superfície terrestre (linha marrom), o geóide (linha azul) e o elipsoide (linha verde). Fonte: Rubens Ângulo Filho.

Os elipsoides geram os chamados sistemas geodésicos, cada qual com sua especificidade, de acordo com seu tamanho e forma. Os sistemas geodésicos são também chamados de *datum*. São exemplos: Córrego Alegre, SAD-69, WGS-84, SIRGAS-2000, entre outros.

1.1.2 CARTOGRAFIA

A **Cartografia** é o conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseado nos resultados de observações diretas ou de análises de documentos, visando a elaboração e preparação de cartas e mapas como a sua utilização. De certa forma, a cartografia estuda a forma de representar a terra, baseado nos levantamentos, na forma de cartas e mapas.

1.1.3 TOPOGRAFIA

A **Topografia** é a ciência aplicada que estuda os métodos e equipamentos (Figura 4) para a representação de parte da superfície da Terra para fins de projeto. Consiste em obter e representar as coordenadas horizontais e verticais do terreno em mapas ou plantas em escalas adequadas à finalidade.



Figura 4 - Estação Total, equipamento utilizado para execução de levantamentos topográficos. Fonte: Leica® Geosystems

1.2 TOPOGRAFIA NAS CARREIRAS

Várias outras áreas se utilizam da Topografia, como a Engenharia Civil, Engenharia de Pesca, Engenharia Florestal, Agrimensura, Arquitetura, Mecânica entre outras, que de alguma forma necessitam de informações do terreno sobre o qual serão desenvolvidos e implantados projetos. Assim, a Topografia é uma ciência aplicada, baseada na **Geometria** e na **Trigonometria**, de âmbito restrito.

A Topografia pode ser evidenciada em estudos e projetos de construção de estradas rurais, construção civil, abastecimento de água, dimensionamento de reservas florestais, dividir e demarcar locais, fazer curvas de nível para plantações, ferrovias, linhas de transmissão, pavimentação, arquitetura, etc (Figuras 5, 6, 7 e 8).

1.2.1 APLICAÇÕES DA TOPOGRAFIA

- Limitação de propriedades rurais
- Cadastro Ambiental Rural (CAR)
- Projetos de irrigação: declividade dos sulcos
- Cadastro de áreas cultivadas
- Projetos de drenagem
- Corte e aterro

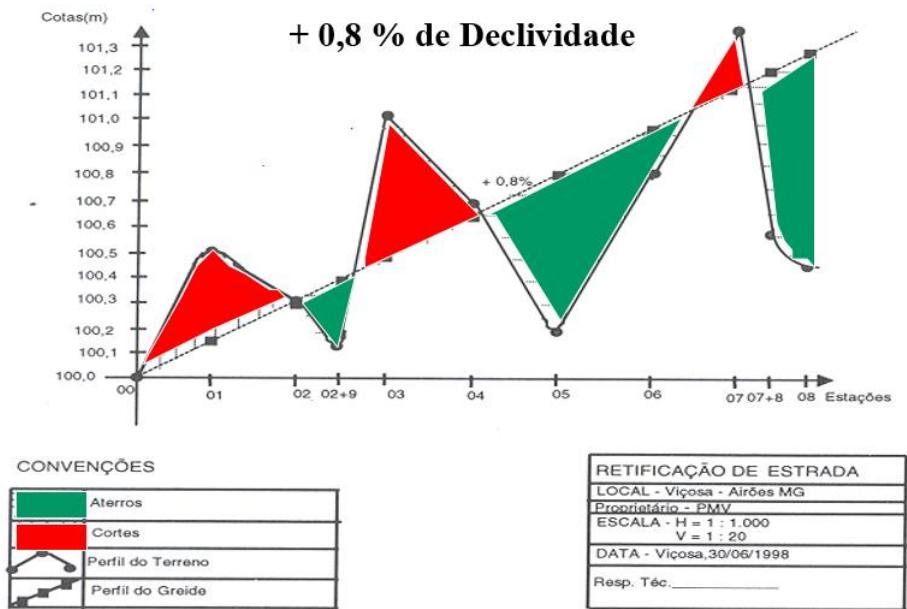


Figura 5 - Perfil topográfico

- Dimensionamento de sistemas para conservação do solo



Figura 6 – Perda de solo devido ao mal dimensionamento do sistema de irrigação. Fonte: Agrimanagers.

- Dimensionamento de reservas ambientais

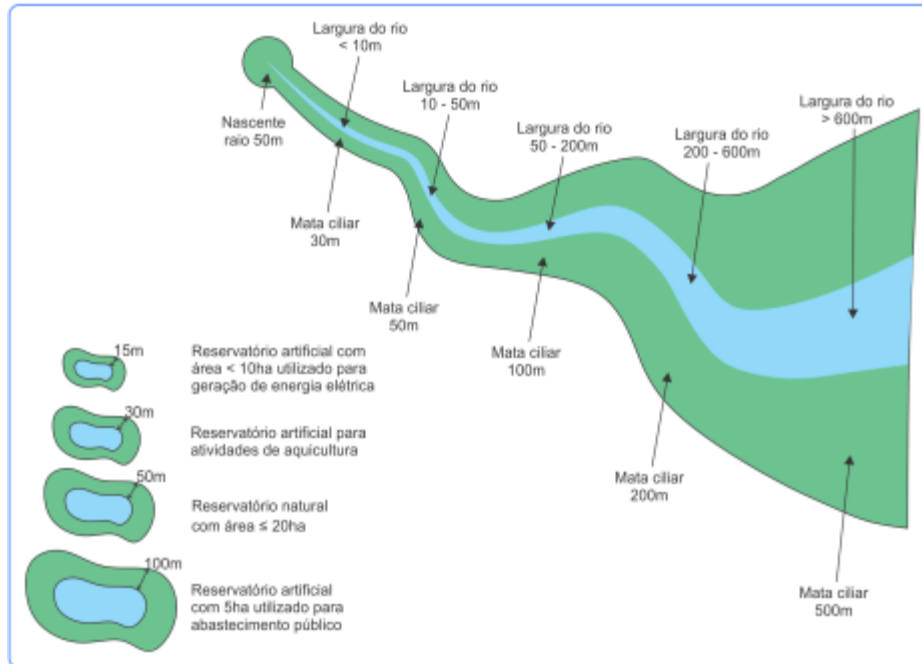


Figura 7 - Faixas de preservação de APPs (Áreas de Preservação Permanentes). Fonte: Engeo.

- Mapeamento da trafegabilidade da lavoura



Figura 8 - Trator Massey Ferguson subindo morro. Fonte: Youtube®.

1.3 NBR 13133 - EXECUÇÃO DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

A ABNT NBR 13.133 (Figura 9) fixa as condições exigíveis para a execução de levantamento topográfico destinado a obter:

- a. Conhecimento geral do terreno, relevo, limites, confrontantes, área, localização, amarração e posicionamento;
- b. Informações sobre o terreno destinadas a estudos preliminares de projetos;
- c. Informações sobre o terreno destinadas a anteprojetos ou projetos básicos, e
- d. Informações sobre o terreno destinadas a projetos executivos.

As condições exigíveis para a execução de um levantamento topográfico devem compatibilizar medidas angulares, medidas lineares, medidas de desníveis e as respectivas tolerâncias em função dos erros, selecionando métodos, processos e instrumentos para a obtenção de resultados compatíveis com a destinação do levantamento, assegurando que a propagação de erros não exceda os limites de segurança inerentes a esta destinação (ABNT, 1994).

ABNT
Associação Brasileira de Normas Técnicas

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Trecho de Mello, 13 - 20º andar
CEP 20030-900 - Caixa Postal 1996
Rio de Janeiro - RJ
Tel. PAIX (51) 216-2122
Fax: (51) 224-1932/224-6241
Endereço Telex: 51030-ABNT
NORMATECH/CA

Copyright © 1994.
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
Todos os direitos reservados.

MAIO 1994	NBR 13133
Execução de levantamento topográfico	
Procedimento	
Origem: Projeto 02:006.17-001/1993 CB-02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil CE-02:006.17 - Comissão de Estudo de Serviços Topográficos NBR 13133 - Execution of topographic survey - Procedure Descriptor: Topographic survey Válida a partir de 30.06.1994 Incorpora ERRATA nº 1, de DEZ 1996	
Palavra-chave: Topografia	35 páginas

SUMÁRIO

- 1 Objetivo
- 2 Documentos complementares
- 3 Definições
- 4 Aparatagem
- 5 Condições gerais
- 6 Condições específicas
- 7 Inspeção
- 8 Aceitação e rejeição

ANEXO A - Cadernetas de campo e monografias
ANEXO B - Convenções topográficas
ANEXO C - Cálculo do desvio-padrão de uma observação em duas posições da luneta, através da DIN 18723

1 Objetivo

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para a execução de levantamento topográfico destinado a obter:

- a) conhecimento geral do terreno: relevo, limites, confrontantes, área, localização, amarração e posicionamento;
- b) informações sobre o terreno destinadas a estudos preliminares de projetos;
- c) informações sobre o terreno destinadas a anteprojetos ou projetos básicos;
- d) informações sobre o terreno destinadas a projetos executivos.

1.1.1 As condições exigíveis para a execução de um levantamento topográfico devem compatibilizar medidas angulares, medidas lineares, medidas de desníveis e as respectivas tolerâncias em função dos erros, selecionando métodos, processos e instrumentos para a obtenção de resultados compatíveis com a destinação do levantamento, assegurando que a propagação de erros não exceda os limites de segurança inerentes a esta destinação.

2 Documentos complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

Decreto nº 89.317, de 20/06/84 - Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, quanto aos padrões de exatidão

Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos - IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Resolução PR nº 22, de 21-07-1983, publicada no Boletim de Serviço nº 1602, de 01/08/1993 de Lei nº 243, de 28/02/1967, que determina a competência da Instituição quanto aos levantamentos geodésicos

NBR 5425 - Guia para inspeção por amostragem no controle e certificação da qualidade - Procedimento

NBR 5426 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos - Procedimento

NBR 5427 - Guia para utilização da NBR 5425 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos - Procedimento

NBR 5428 - Procedimentos estatísticos para determinação da validade de inspeção por atributos feita pelos fornecedores - Procedimento

Figura 9 - NBR 13133, norma de execução de levantamento topográfico

1.4 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Em sua definição, Topografia é o conjunto de princípios, métodos, aparelhos e convenções utilizados para a determinação dos contornos, dimensões e da posição relativa de pontos de uma faixa limitada da superfície terrestre para fins de projeto. É a medida e representação da superfície da Terra, dentro dos limites em que os erros decorrentes da curvatura terrestre não se fazem sentir. Alguns conceitos fundamentais são levantamento, plano e ponto topográfico.

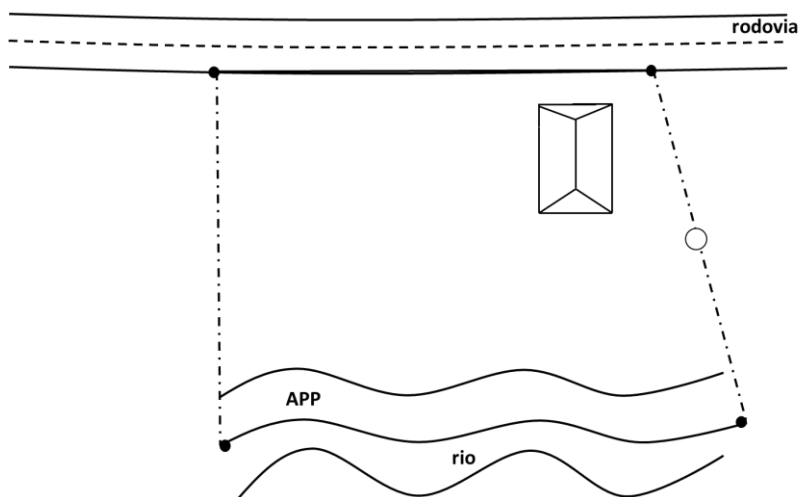


Figura 10 – Exemplo de área a ser levantada. Fonte: Autoria própria.

Chama-se **levantamento topográfico** às operações que são executadas, geralmente, percorrendo o terreno, nas quais se obtém dados informativos e grandezas medidas (ângulos e distâncias), que permitem construir uma planta topográfica (Figura 10). Divide-se em planimétrico e planialtimétrico.

O **Plano Topográfico** local é um plano horizontal tangente ao esferoide terrestre, num ponto que esteja situado dentro da área a ser levantada, no qual, supõem projetados todas as linhas e acidentes estudados, e não deve exceder 25 km de raio (vide item “1.7 Influência da curvatura terrestre nas medições topográficas”).

Os acidentes que devem figurar na planta são levantados por meio de pontos que possam representá-los convenientemente. Cada um desses pontos chama-se **ponto topográfico** e é determinado no terreno com o auxílio de uma baliza.

1.5 DIVISÕES DA TOPOGRAFIA

A Topografia está inserida em uma ciência mais ampla denominada Geomática. Por sua vez, a Geomática consiste em um campo de atividades que integra todos os meios utilizados para a aquisição e gerenciamento de dados espaciais necessários às operações científicas, administrativas, legais e técnicas envolvidas no processo de produção e gerenciamento da informação espacial. Representa a evolução do campo de atividades de levantamentos e mapeamentos, congregando as atividades mais tradicionais, tais como: Topografia, Cartografia, Hidrografia, Geodésia e Fotogrametria, Astronomia, Gravimetria, com novas tecnologias e os novos campos de aplicações como o Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informações Geográficas e Sistema de Posicionamento Global.

A Topografia pode ser dividida em Topometria, Desenho Topográfico e Topologia.

1.5.1 TOPOMETRIA

A **Topometria** é parte da topografia que ensina os métodos de medição planimétricas e altimétricas.

1.5.1.1 PLANIMETRIA

A **Planimetria** é a parte da topometria que visa proceder a todas as operações e medidas necessárias no campo para poder determinar-se a posição relativa de todos os pontos do terreno, com a finalidade de se projetar os mesmos para o plano topográfico local. Nesse processo, são realizadas medidas angulares e lineares, sempre num plano horizontal, sem levar em consideração o relevo. Essas operações de medidas recebem o nome de levantamentos planimétricos (Figura 11).

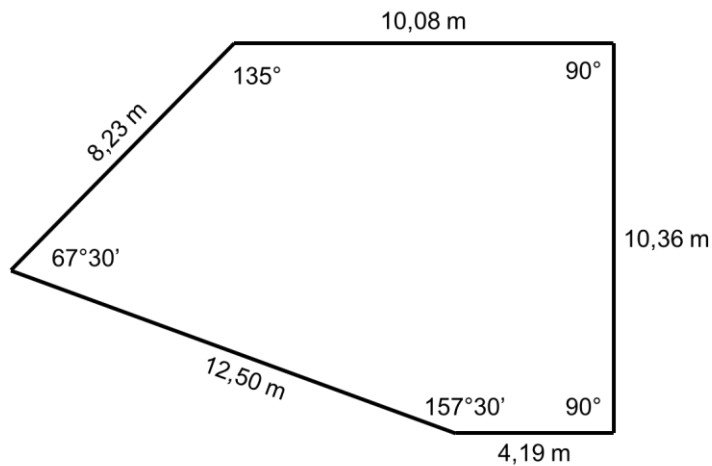


Figura 11 - Exemplo de levantamento planimétrico. Fonte: Autoria própria.

1.5.1.2 ALTIMETRIA

A **Altimetria** é a parte da topometria onde as medidas são realizadas num plano vertical, obtendo-se as distâncias verticais (diferença de nível) dos pontos do terreno. Dessa forma, a altimetria leva em consideração o relevo. Essas operações de medidas recebem o nome de levantamentos planialtimétricos (Figura 12).

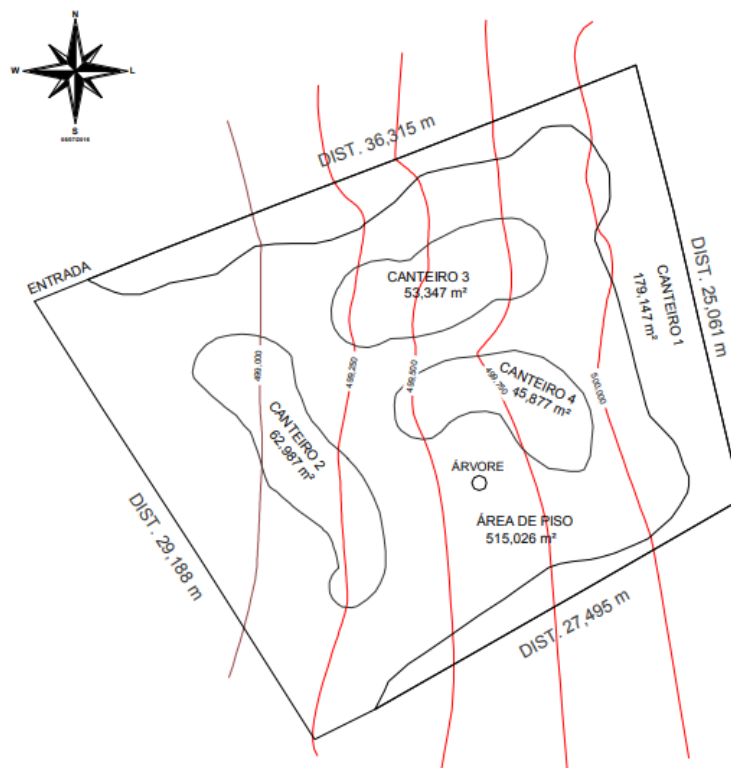


Figura 12 - Exemplo de levantamento topográfico planialtimétrico. Fonte: Autoria própria.

1.5.2 DESENHO TOPOGRÁFICO

O Desenho Topográfico consiste na representação fiel do terreno em planta. É uma peça gráfica realizada, a partir do original topográfico, dimensionalmente estável, quadriculada previamente (ABNT, 1994).

1.5.3 TOPOLOGIA

A Topologia tem como principal finalidade a representação cartográfica do terreno pelas curvas em nível.

1.6 PRODUTOS TOPOGRÁFICOS

1.6.1 MAPA

Carta geográfica representando grande extensão do terreno (regiões superiores a 10° geográficos), é objeto da cartografia (Figura 13). Mapa é a representação no plano, normalmente em escala pequena, dos aspectos geográficos, naturais, culturais e artificiais de uma área tomada na superfície de uma figura planetária, delimitada por elementos físicos, político-administrativos, destinada aos mais variados usos, temáticos, culturais e ilustrativos.



Figura 13 - Mapa do Brasil. Fonte: IBGE.

1.6.2 CARTA

Representa regiões menores, atingindo no máximo 10º geográficos; é objeto do desenho cartográfico e topográfico (Figura 14). Carta é a representação no plano, em escala média ou grande, dos aspectos artificiais e naturais de uma área tomada de uma superfície planetária, subdividida em folhas delimitadas por linhas convencionais - paralelos e meridianos - com a finalidade de possibilitar a avaliação de pormenores, com grau de precisão compatível com a escala.

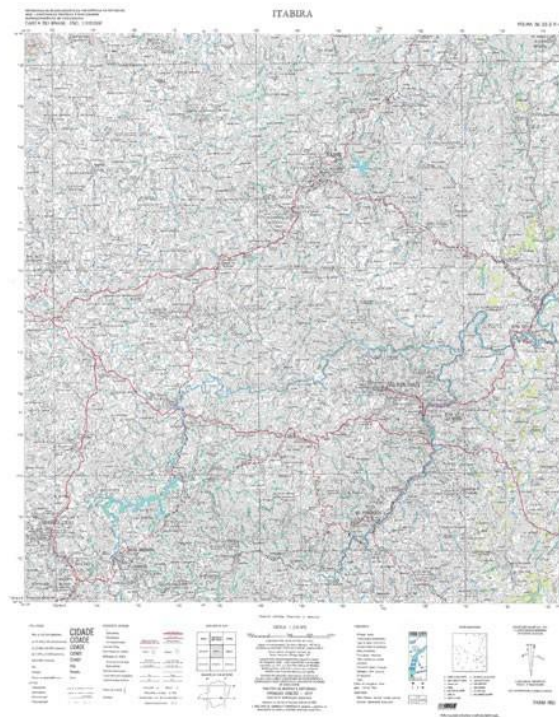


Figura 14 - Carta topográfica de Itabira, na escala de 1:100.000. Fonte: IBGE.

1.6.3 PLANTA

Representa regiões inferiores a 1º e áreas menores a 100 km² é objeto do desenho topográfico (Figura 15). Planta é uma carta que representa uma área de extensão suficientemente restrita para que a sua curvatura não precise ser levada em consideração, e que, em consequência, a escala possa ser considerada constante.

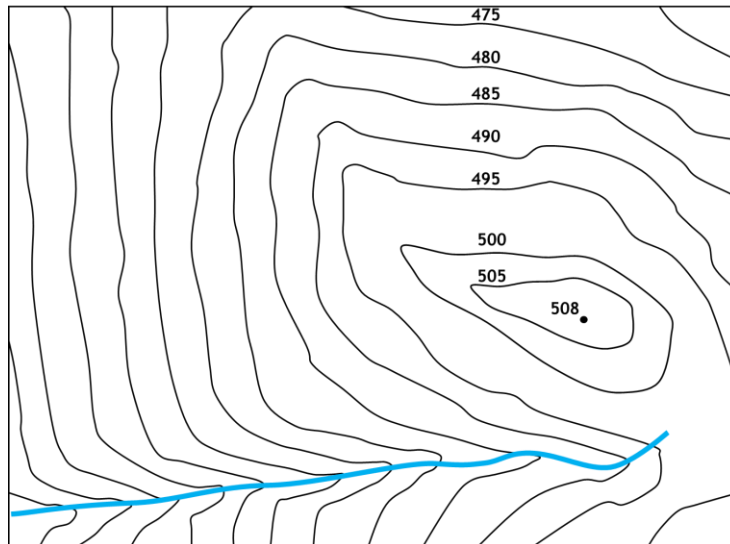


Figura 15 - Planta topográfica altimétrica. Fonte: Autoria própria.

1.7 INFLUÊNCIA DA CURVATURA TERRESTRE NAS MEDIÇÕES TOPOGRÁFICAS

Ao adotarmos o plano topográfico local, não levamos em consideração a esfericidade terrestre. Dessa forma, a aproximação plana da superfície é válida dentro de alguns limites, o que facilita os cálculos.

a) Nas distâncias (latitude e longitude) (Figura 16)

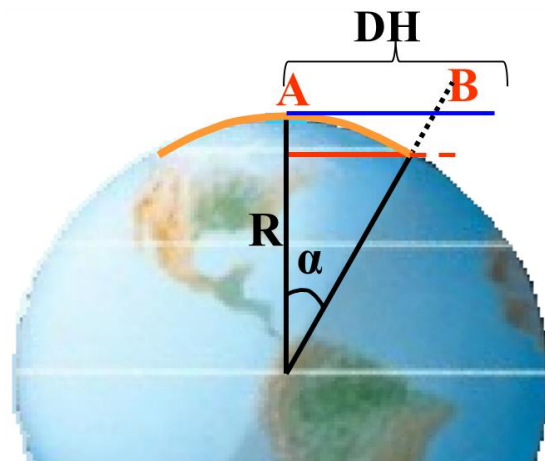


Figura 16

b) Nas altitudes:

Para levantamentos altimétricos não pode ser desprezado o efeito da curvatura terrestre para visadas maiores que 100 metros.

Para determinar-se o “limite de trabalho” entre a Geodésia e a Topografia, considera-se a Figura 17, a seguir:

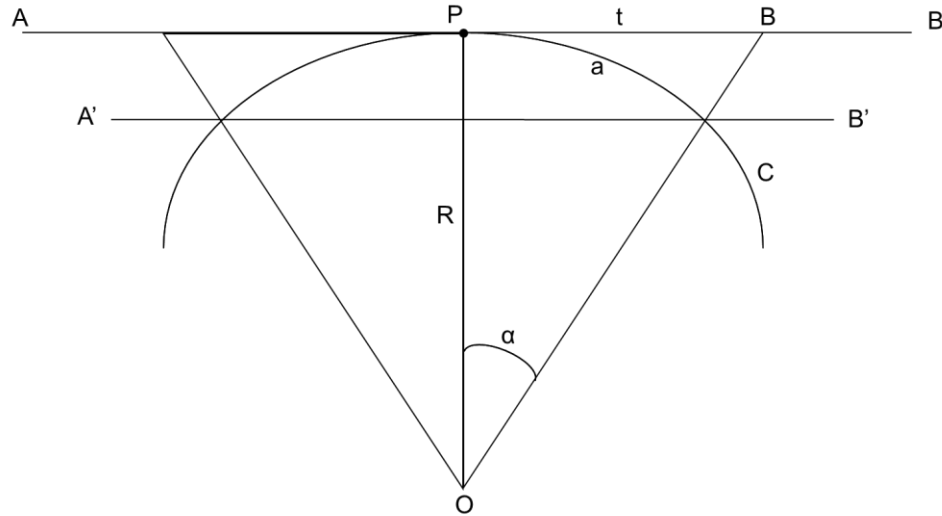


Figura 17

Onde,

\overline{AB} : Plano topográfico tangente no ponto P;

$\overline{A'B'}$: Corda considerando a Terra uma circunferência de raio R;

$t - a$: Erro cometido; é a diferença entre a tangente “t” (medida) e o arco “a”;

R: Raio da Terra 6.366.193 m;

\widehat{PC} : arco, que representa a superfície da Terra (geóide); e

α : ângulo de abertura entre os pontos P e B.

Para o cálculo do erro de esfericidade ($t - a$), é possível utilizar a corda $\frac{\overline{A'B'}}{2}$, a tangente $\frac{\overline{AB}}{2}$ e o arco \widehat{PC} .

Para o cálculo do erro de esfericidade serão utilizados dois ângulos de abertura α , de 1° e de $0,5^\circ$, para cada caso citado acima.

Considerando a corda $\frac{\overline{A'B'}}{2}$ (linha horizontal em vermelho) temos o triângulo destacado em vermelho, conforme Figura 18.

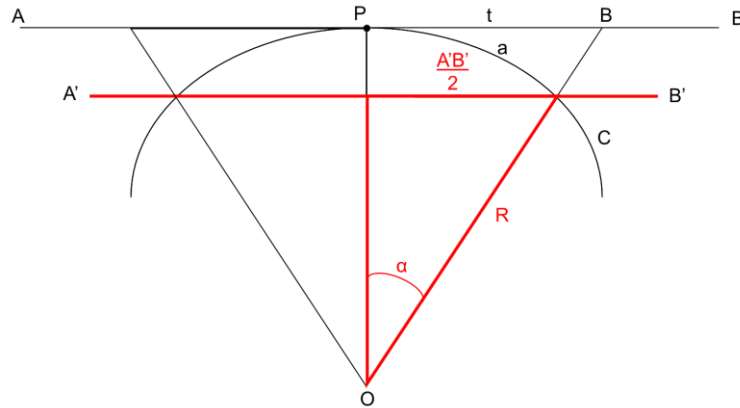


Figura 18 - Cálculo do limite de trabalho utilizando a corda (linha destacada em vermelho)

Para calcular o limite de trabalho $\frac{A'B'}{2}$, fazemos:

$$\text{sen } \alpha = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{sen } \alpha = \frac{\frac{A'B'}{2}}{R}$$

$$\text{sen } \alpha \times R = \frac{A'B'}{2}$$

$$\frac{A'B'}{2} = \text{sen } \alpha \times R$$

$$\frac{A'B'}{2} = \text{sen } 0,5^\circ \times 6.366.193 \text{ m}$$

$$\frac{A'B'}{2} = 0,00872654 \times 6.366.193 \text{ m}$$

$$\frac{A'B'}{2} = 55.554,809 \text{ m}$$

Como $\frac{A'B'}{2}$ refere-se ao ângulo α de abertura de $0,5^\circ$, para 1° basta multiplicar por 2, como mostramos abaixo:

$$\frac{A'B'}{2} = 55.554,809 \text{ m}$$

$$A'B' = 55.554,809 \times 2$$

$$A'B' = 111.109,618 \text{ m}$$

Outra forma de obtermos o limite de trabalho é pela tangente AB, conforme mostra a Figura 19, onde a reta horizontal em vermelho é a tangente no ponto P e o triângulo considerado é $\hat{P}O\hat{B}$.

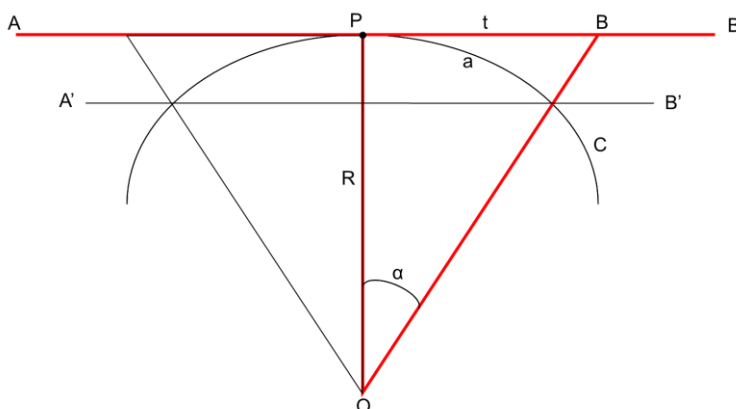


Figura 19 - Cálculo do limite de trabalho pela tangente

Para calcular o limite de trabalho $\frac{AB}{2}$, fazemos:

$$tg \alpha = \frac{\textit{cateto oposto}}{\textit{cateto adjacente}}$$

$$tg \alpha = \frac{\frac{AB}{2}}{R}$$

$$tg \alpha \times R = \frac{AB}{2}$$

$$\frac{AB}{2} = tg \alpha \times R$$

$$\frac{AB}{2} = tg 0,5^\circ \times 6.366.193 \text{ m}$$

$$\frac{AB}{2} = 0,00872687 \times 6.366.193 \text{ m}$$

$$\frac{AB}{2} = 55.556,925 \text{ m}$$

Como $\frac{AB}{2}$ refere-se ao ângulo α de abertura de $0,5^\circ$, para 1° basta multiplicar por 2, como mostramos abaixo:

$$\frac{AB}{2} = 55.556,925 \text{ m}$$

$$AB = 55.556,925 \times 2$$

$$AB = 111.113,849 \text{ m}$$

Uma terceira forma de obtermos o limite de trabalho é pelo arco \widehat{PC} , conforme mostra a Figura 20, onde a curva em vermelho é o arco de interesse, e o triângulo considerado é $P\hat{O}C$.

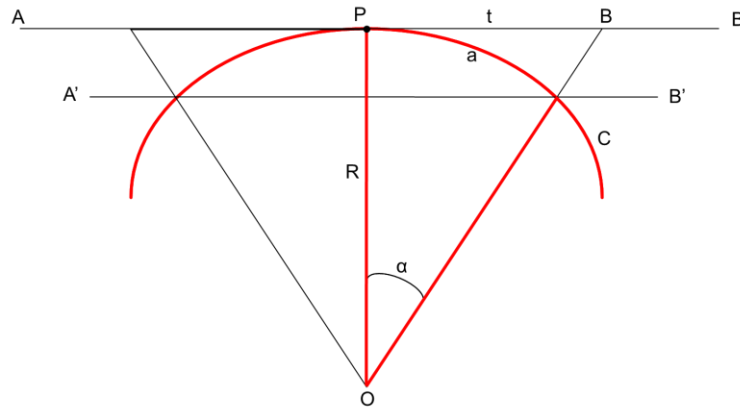


Figura 20 - Cálculo do limite de trabalho pelo arco

Considerando \widehat{PC} como a medida de um arco (em radianos), temos que:

$$\widehat{PC} = \frac{C}{R}$$

Onde,

C: comprimento do arco, e

R: raio da Terra.

Para obter o valor de \widehat{PC} , temos que:

$$\frac{360^\circ}{\alpha} = \frac{2\pi \text{ rad}}{\widehat{PC}}$$

$$\widehat{PC} = \frac{\alpha \times 2\pi}{360}$$

$$\widehat{PC} = \frac{0,5 \times 2\pi}{360}$$

$$\widehat{PC} = 0,00872665 \text{ m}$$

Aplicando o valor encontrado de PC na equação anterior, temos que:

$$\widehat{PC} = \frac{C}{R}$$

$$\widehat{PC} \times R = C$$

$$C = \widehat{PC} \times R$$

$$C = 0,00872665 \times 6.366.193 \text{ m}$$

$$C = 55.555,514 \text{ m}$$

O valor de 50 km é o valor teórico que serve para determinar a transição entre a Topografia e a Geodésia.