



**Universidade Federal do Paraná
Campus Pontal do Paraná
Centro de Estudos do Mar**



NOTAS DE AULAS DE TOPOGRAFIA II



Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes

	TOPOGRAFIA II	
	Links dos vídeos da disciplina.	
	Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes	

Introdução

As notas de aulas de Topografia II dos cursos de engenharia civil, engenharia ambiental e sanitária e engenharia de aquicultura do CPP-CEM-UFPR estão todas comentadas em vídeos no *Youtube*.

As aulas são divididas de acordo com os temas da ementa da disciplina.

Aulas

1 - APRESENTAÇÃO DA DISCIPLINA

<https://www.youtube.com/watch?v=I7xwYazo6ww&feature=youtu.be>

2 – INTRODUÇÃO À ALTIMETRIA

Introdução à altimetria parte 1

<https://www.youtube.com/watch?v=LqNf7JQh2-8>

Introdução à altimetria parte 2

<https://www.youtube.com/watch?v=x790gKAFmiU>

3- NIVELAMENTO GEOMÉTRICO E TAQUEOMÉTRICO

Parte 1

<https://youtu.be/h4m7fXMPHa0>

Parte 2

<https://youtu.be/aYMTUkT0v6Q>

Parte 3

https://youtu.be/AMKNw2nY3_g

4 - EFEITOS DA CURVATURA DA TERRA

Parte 1

<https://youtu.be/MiUJA0uDaRM>

Parte 2

<https://www.youtube.com/watch?v=XREIQQQDWRo&feature=youtu.be>

5 - MÉTODOS DO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

<https://youtu.be/1gduMV9F6xs>

6 - NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO

Parte 1

<https://www.youtube.com/watch?v=c6qQ3yet7Uo&feature=youtu.be>

Parte 2

<https://youtu.be/kNxDLHDFK7Q>

7 - ALTURA DE PONTO INACESSÍVEL

Parte 1

<https://www.youtube.com/watch?v=nTYpIB7jGTw>

Parte 2

<https://www.youtube.com/watch?v=qIJZisNXblk&feature=youtu.be>

8 - LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO

Parte 1

<https://youtu.be/UlRMS1KyUh0>

Parte 2

<https://www.youtube.com/watch?v=XtnuLpwMupc&feature=youtu.be>

9 - INTRODUÇÃO À REPRESENTAÇÃO DO RELEVO TOPOGRÁFICO

Parte 1

<https://youtu.be/0Ev1MBe6Ezk>

Parte 2

<https://youtu.be/hYVl3gz21no>

10 - MÉTODOS DE OBTENÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL

Parte 1

<https://youtu.be/C3SugHfkDbQ>

Parte 2

https://youtu.be/TJSU5_PV7_g

Parte 3

<https://youtu.be/YrD5Vcv-dLs>

11 - CÁLCULO DE VOLUMES

Parte 1

https://www.youtube.com/watch?v=FRpa6Uizk_s&feature=youtu.be

Parte 2

<https://youtu.be/IFNwY1qlHQo>

	TOPOGRAFIA II	
	Aula teórica 01: Apresentação da disciplina	
	Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes	

APRESENTAÇÃO

As notas de aula são materiais de apoio para a disciplina de Topografia II dos cursos de Engenharia Civil, Engenharia Ambiental e Engenharia de Aquicultura do Campus Pontal do Paraná da UFPR. Os temas foram divididos e organizados de acordo com a ementa da disciplina.

SUMÁRIO

1 - APRESENTAÇÃO DA DISCIPLINA

2 – INTRODUÇÃO À ALTIMETRIA

3- NIVELAMENTO GEOMÉTRICO E TAQUEOMÉTRICO

4 - EFEITOS DA CURVATURA DA TERRA

5 - MÉTODOS DO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO

6 - NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO

7 - ALTURA DE PONTO INACESSÍVEL

8 - LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO

9 - INTRODUÇÃO À REPRESENTAÇÃO DO RELEVO TOPOGRÁFICO

10 - MÉTODO DE OBTENÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL

11 - CÁLCULO DE VOLUMES

12 – AULAS PRÁTICAS

	TOPOGRAFIA II		
	Aula teórica 01: Apresentação da disciplina		
	Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes		

1 - APRESENTAÇÃO DA DISCIPLINA

Conteúdo em vídeo

Parte 1 - <https://www.youtube.com/watch?v=I7xwYazobww&feature=youtu.be>

A disciplina Topografia II tem como objetivo proporcionar ao estudante conhecimentos teóricos e práticos para executar levantamentos topográficos altimétricos e representar o relevo com os dados levantados em campo.

Neste tópico será apresentada a disciplina e seus respectivos conteúdos, também será apresentada a forma de avaliação e a bibliografia.

1.1 A ementa.

Introdução a altimetria: vertical, superfície de nível ou referência, altura de um ponto, cota, altitude, diferença de nível, curva de nível, *Datum*, RN, altitude ortométrica, altitude elipsoidal, ondulação geoidal. Métodos de nivelamento topográfico altimétrico. Níveis e miras. Nivelamento geométrico por visadas iguais. Procedimento de campo. Caderneta de nivelamento. Prática de nivelamento. Introdução a representação do relevo topográfico: pontos cotados, interseção de um plano vertical com o relevo. Perfil. Escala e equidistância. Elevação e depressão. Curvas mestras e secundárias. Métodos para interpolação e traçado de curvas de nível. Representação tridimensional e curvas de nível. Interpolação da cota de um ponto. Método gráfico e numérico. Cálculo de volume. Noções de corte e aterro.

1.2 Objetivos

Objetivos gerais

Proporcionar ao estudante conhecimentos teóricos e práticos para executar levantamentos topográficos altimétricos e representar o relevo com os dados levantados em campo.

Objetivos Específicos

- Introduzir o conceito de altimetria: vertical, superfície de nível ou referência, altura de um ponto, cota, altitude, diferença de nível, curva de nível, *Datum*, RN, altitude ortométrica, altitude elipsoidal, ondulação geoidal;
- Conceituar os tipos de nivelamento bem como suas etapas e procedimentos;
- Realizar aulas práticas de nivelamentos geométrico, trigonométrico e por visadas iguais;
- Calcular os dados de campo e verificar o erro;
- Estudar os métodos de interpolação para traçado de curvas de nível (mestras e secundárias) bem como sua interpretação;
- Aplicar os métodos de representação de relevo, calcular volume e introduzir conceitos de corte e aterro.

1.3 - Divisão do conteúdo

A divisão apresentada na tabela abaixo é um planejamento onde podem ocorrer mudanças em função do andamento das disciplinas.

AULA/CH		CONTEÚDO
1	4,0 h/a	Apresentação da disciplina. Introdução a altimetria: vertical, superfície de nível ou referência, altura de um ponto, cota, altitude, diferença de nível, curva de nível, <i>Datum</i> , RN, altitude ortométrica, altitude elipsoidal, ondulação geoidal. Níveis e miras.
2	4,0 h/a	Métodos de nivelamento topográfico altimétrico. Nivelamento Geométrico. Caderneta de nivelamento. Exercício: determinar as cotas dos nivelamento realizados.
3	4,0 h/a	Prática de nivelamento geométrico.
4	4,0 h/a	Nivelamento geométrico por visadas iguais.
5	4,0 h/a	Prática de nivelamento por visadas iguais
6	4,0 h/a	Nivelamento Trigonométrico, Nivelamento Taqueométrico.
7	4,0 h/a	Prática de nivelamento trigonométrico.
8	4,0 h/a	Prova 1.
9	4,0 h/a	Prática de nivelamento: Exercício: Realizar nivelamento geométrico e contra nivelamento e verificar o erro.
10	4,0 h/a	Determinação de alturas de pontos inacessíveis/ Prática de determinação de alturas por pontos inacessíveis.
11	4,0 h/a	Levantamento Planialtimétrico.
12	4,0 h/a	Prática de levantamento planialtimétrico.
13	4,0 h/a	Introdução a representação do relevo topográfico: pontos cotados, interseção de um plano vertical com o relevo. Perfil. Escala e equidistância. Elevação e depressão. Curvas mestras e secundárias.
14	4,0 h/a	Métodos para interpolação e traçado de curvas de nível. Representação tridimensional e curvas de nível.
15	4,0 h/a	Interpolação da cota de um ponto. Método gráfico e numérico. Cálculo de volume.
16	4,0 h/a	Noções de corte e aterro.
18	4,0 h/a	Prova 2
18	4,0 h/a	Apresentação dos trabalhos.
19	2,0 h/a	Exame final

1.4 -Procedimentos didáticos

A disciplina será desenvolvida mediante aulas expositivo-dialogadas quando serão apresentados os conteúdos curriculares teóricos. Também serão discutidos os aspectos práticos antes das aulas de campo que serão realizadas nas dependências do CEM.

Serão utilizados os seguintes recursos: quadro de giz, notebook e projetor multimídia. Nas aulas de campo serão utilizados equipamentos de topografia.

1.5 -Formas de avaliação

A avaliação da disciplina será composta por duas provas teóricas individuais (Avaliação 1 e Avaliação 2) e uma avaliação que será composta dos trabalhos práticos (Avaliação 3) realizados em grupo. As notas das avaliações que serão realizadas sem consulta variam de 0,0 a 10,0 pontos. O conteúdo das provas serão informados de acordo com o andamento do semestre. Os critérios de aprovação são padronizados pela UFPR.

1.6 – Bibliografia

Bibliografia básica

BORGES, A. DE C. Exercícios de Topografia . 3ª. Edição. Editora Edgard Blucher, 2005.

BORGES, A. DE C. Topografia Aplicada a Engenharia Civil - VOL 1 . 2ª. Edição. Editora Edgard Blucher, 2002.

BORGES, A. DE C. Topografia Aplicada a Engenharia Civil - VOL 1 . 1ª. Edição. Editora Edgard Blucher, 1999.

Bibliografia complementar

MCCORMAC, J. TOPOGRAFIA. 5ª. EDIÇÃO. EDITORA LTC. RIO DE JANEIRO, 2010.

CASACA, J.M.; MATOS, J. L. de.; DIAS, J.M.B. Topografia Geral. 4ª. Edição. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2007.

Demais Bibliografias

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 13133: Execução de levantamento topográfico – procedimento. Rio de Janeiro, 1994.

COMASTRI, J.A. & TULER, J.C.; Topografia: altimetria, 3. ed. Viçosa; Impr. Univ. UFV, 1999. 200 p.

IBGE - Reajustamento da Rede Altimétrica com Números Geopotenciais. 2a edição. 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101666.pdf>

MORITZ, H. -1980- *Advanced physical geodesy*. Abacus Press Wichmann, 500 pp.

SILVA, I.; SEGANTINE, P. C. L. Topografia para Engenharia: teoria e prática de geomática. São Paulo: Elsevier, 2015.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura Universidade Federal do Paraná. UFPR. 2012.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia – Material de Apoio para a disciplina de Topografia II do Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da UFPR: altimetria, locação e levantamento planialtimétrico. Universidade Federal do Paraná. UFPR, 2014.

WOLF, P. R.; GUILANI, C. D. Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics. John Wiley & Sons, New York, 2002

Sites

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/rede-geodesica/16283-rede-altimetrica.html?=&t=o-que-e>

<http://www.bdg.ibge.gov.br/appbdg/>

<http://icgem.gfz-potsdam.de/home>

<http://labsim.unipampa.edu.br/redegeo/>

Aplicativos

https://play.google.com/store/apps/details?id=contatorogerio.redegeo_v3&hl=pt_BR

<https://apps.apple.com/br/app/redegeo/id1498458251>

1.7 - Cuidados com os equipamentos e segurança ao realizar as aulas práticas

Todas as recomendações de segurança foram publicadas na plataforma AVA e devem ser seguidas em todas as aulas práticas.

	TOPOGRAFIA II	
	Aula teórica 01: Introdução à altimetria	
	Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes	

1 – INTRODUÇÃO À ALTIMETRIA

Conteúdo em vídeo.

Parte 1 - <https://www.youtube.com/watch?v=LqNf7JQh2-8>

Parte 2 - <https://www.youtube.com/watch?v=x790gKAFmiU>

Definição

A altimetria tem como objetivo a representação do relevo. A NBR 13133 define levantamento topográfico altimétrico como:

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

Definições importantes no contexto da altimetria.

A seguir serão apresentadas algumas definições importantes para a continuidade do curso, estas definições têm como objetivo familiarizar o leitor com os termos corretos usados na altimetria.

A vertical

A vertical é uma linha perpendicular às superfícies equipotenciais, ou seja, é tangente a linha de força do campo de gravidade da Terra real que passa pelo ponto (Figura 01). No caso da superfície equipotencial ser o geóide, a vertical é perpendicular a esta superfície. Na prática a vertical é materializada pelo fio de prumo de um teodolito nivelado.

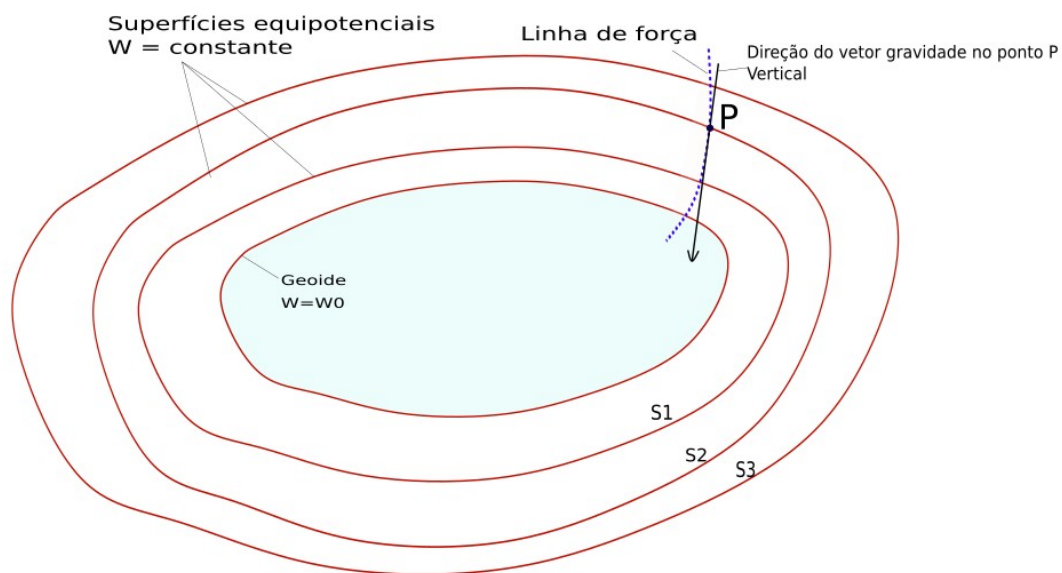


Figura 01 – Vertical
(Fonte: Adaptada de MORITZ, 1980)

Superfície de Nível ou referência

O estudo do relevo consiste na determinação das alturas de seus pontos característicos, que por sua vez estão relacionados com uma superfície de nível.

A superfície de nível pode ser arbitrária e as alturas dos diferentes pontos (comprimento da perpendicular do ponto sobre um plano horizontal) são denominadas cotas ou alturas relativas (COMASTRI & TULER, 1999). Como pode ser observado na figura 02 foram escolhidas duas Superfície de Nível de Comparação (SNC) diferentes para os mesmos pontos (A, B e C) mudando portanto o valor das cotas, sem alterar as diferenças de nível entre estes pontos.

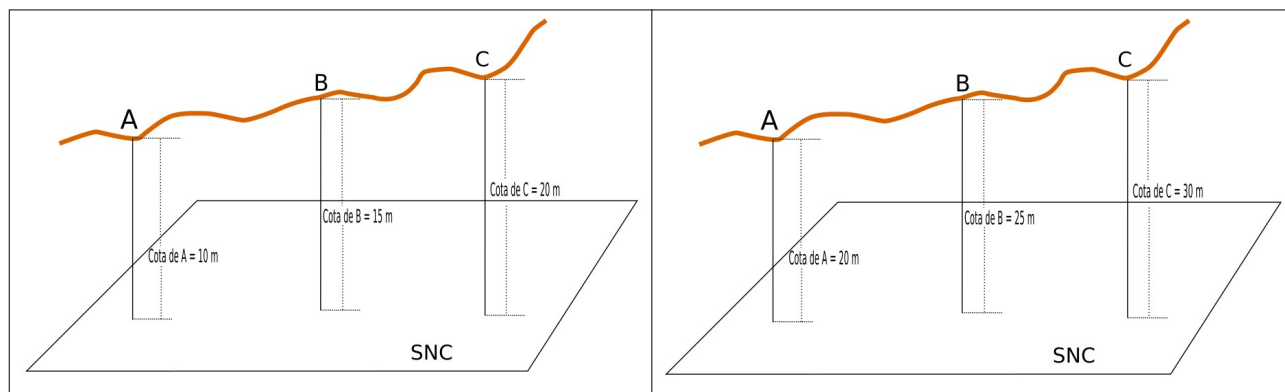


Figura 02 – Superfície de Nível de Comparação
(Fonte: Adaptada de COMASTRI & TULER, 1999)

Vale ressaltar que quando se adota uma SNC arbitrária o nivelamento não possui nenhuma conexão com um *Datum*.

Diferenças de Nível

Diferença de nível é a distância vertical que separa os pontos topográficos considerados.

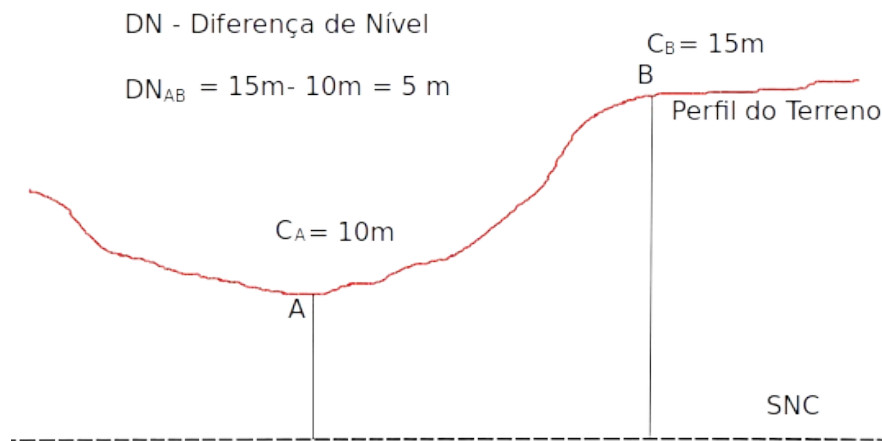


Figura 03 – Diferença de Nível entre os pontos A e B.

Curvas de nível

As curvas de nível são definidas como linhas que unem pontos com mesma cota ou altitude e são amplamente utilizadas para representação do relevo em topografia, embora existam outras formas de se representar o relevo, como mapa de cores. O estudo das curvas de nível serão aprofundadas posteriormente.

A representação do terreno ilustrada na figura 04 foi determinada a partir dos dados cedidos por SILVA, 2017, sendo que o mapa de cores foi gerado no Qgis (QGIZ, 2020) e as curvas de nível no sistema posição (<http://www.posicao.com.br/>), com licença cedida para a UFPR.

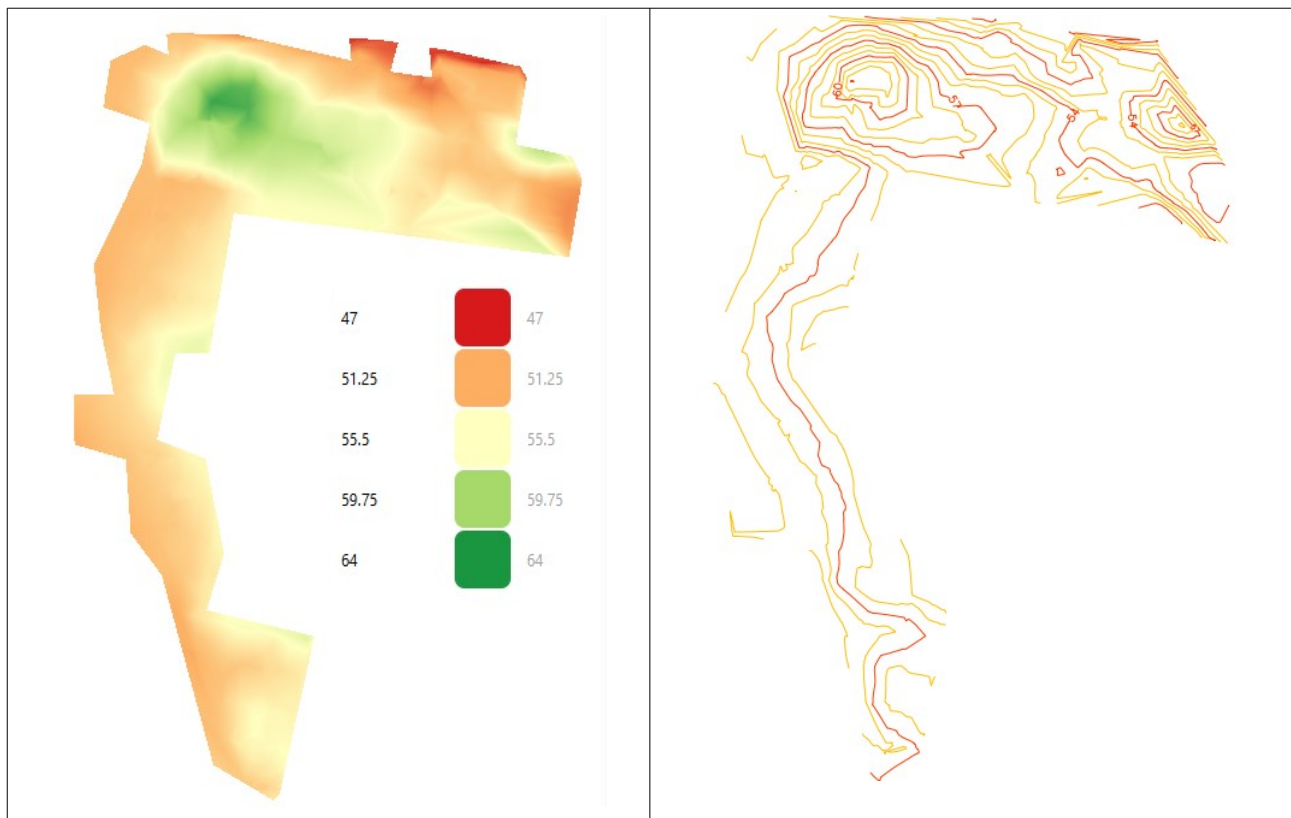


Figura 04 – Representação do relevo por mapas de cores e curvas de nível.
(Fonte: Figuras geradas a partir dos dados cedidos por Silva, 2017)

Altura e Altitude

Segundo COMASTRI E TULLER, 1999, define-se **altitude** quando se toma como superfície de referência a superfície médias dos mares prolongada pelos continentes (geóide) ou o elipsóide de referência, estas altitudes são denominadas ortométricas e geométricas, respectivamente. Atualmente o IBGE adota nas Referências de Nível da Rede Altimétrica Fundamental do Brasil (RAAP) a Altitude Normal, que será definida posteriormente.

Datum altimétrico brasileiro.

O *Datum* altimétrico brasileiro está localizado na cidade de Imbituba (SC), na propriedade da Companhia Docas Imbituba, onde foram coletadas observações do nível do mar no período 1949-1957 e realizada a conexão da rede de nivelamento à RN 4X (estabelecida em junho de 1946) pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A adoção do *Datum* de Imbituba referida a RN4X se deu em 1959.

A altitude ortométrica da referência de nível (RN) que materializa o *Datum* altimétrico é determinada por nivelamento geométrico a partir da relação (LOPES,2006):

$$H_{RN} = H_{MRN} - H_{NML} \quad (1)$$

onde H_{NML} é o desnível entre o NMM local e o zero da régua do marégrafo, e H_{MRN} é o desnível entre o zero da régua do marégrafo e a RN (Figura 3.1). O valor de H_{MRN} é obtido pelo nivelamento geométrico entre o zero da régua do marégrafo e a RN associada ao marégrafo.

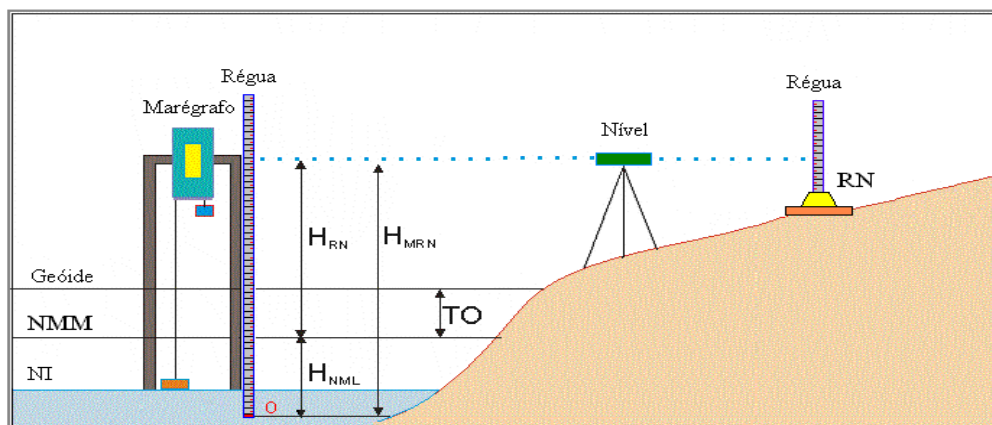


Figura 05 - Materialização do *Datum* altimétrico através do NMM
(Fonte: LOPES, 2015)

Rede altimétrica de alta precisão do Brasil

Segundo o IBGE define-se rede altimétrica:

“Conjunto de estações geodésicas, denominadas referências de nível, que materializam a componente altimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro – SGB, a partir de medições de nivelamento geométrico de alta precisão.” a definição pode ser verificada no site:

<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/rede-geodesica/16283-rede-altimetrica.html?=&t=o-que-e>

O IBGE também disponibiliza os dados da rede:

<http://www.bdg.ibge.gov.br/appbdg/>

Neste site é possível obter informações de cada RN em todo território nacional.

Altitude ortométrica

Altitude ortométrica é a distância de um ponto P na superfície da Terra até ao geóide contada ao longo da vertical.

Matematicamente a altitude ortométrica é expressa por:

$$H = \frac{C}{\bar{g}} \quad (2)$$

onde, C é o número geopotencial e $\bar{g}$ é a gravidade média entre a superfície física e o geóide.

Altitude geométrica

A altitude geométrica (h) é a distância de um ponto P na superfície da Terra até o elipsóide, contada ao longo da normal.

Define-se normal como a reta tangente a linha de força do campo de gravidade da Terra normal ou teórica que passa por um ponto. A reta normal é perpendicular ao elipsóide.

A altitude geométrica e ortométrica e a relação entre elas é mostrada na Figura 06.

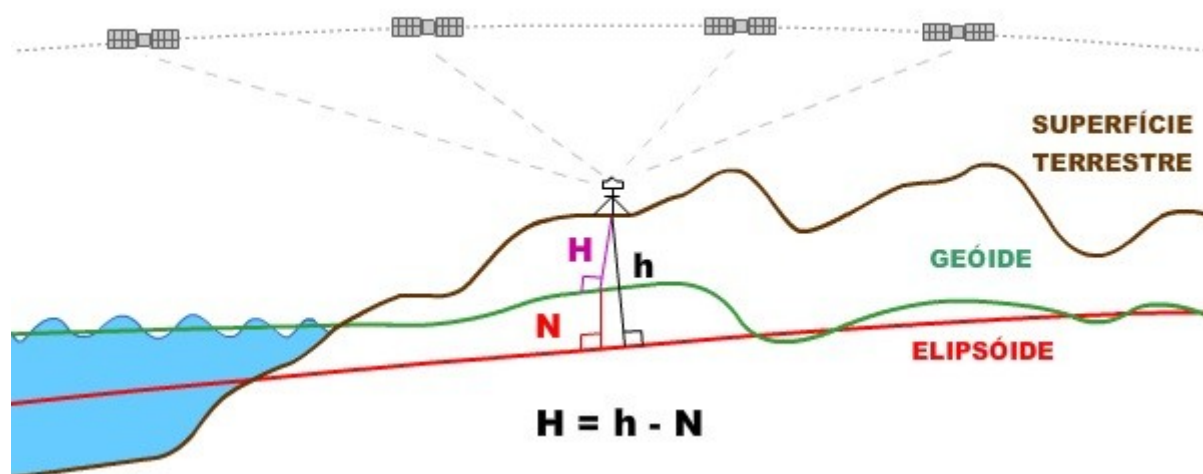


Figura 06 – Altitudes geométrica e ortométrica.
(Fonte: IBGE, 2020)

Altitude Normal.

A altitude normal (Figura 08) foi adotada pelo IBGE em julho de 2018. Assim, as Referências de Nível (RNs) da Rede Altimétrica de Alta Precisão do Brasil (RAAP) possuem altitudes normais.

Define-se altitude normal a separação de um ponto na superfície da Terra em relação ao quase-geóide.

O quase-geóide pode ser definido como a superfície que está separada do elipsóide pela anomalia de altitude (ζ), que por sua vez é resultado da mudança da superfície de contorno para determinação da aceleração da gravidade que passa a ser a superfície física no lugar do geóide (a

superfície de contorno no geóide é necessário para aplicação da integral de Stokes na determinação do mesmo). Esta mudança foi proposta por Molodenskyi em 1945.

Para a determinação das alturas geoidais (N) no interior dos continentes necessita-se do conhecimento de um modelo de distribuição de densidades no interior da crosta entre a superfície física e a geoidal que torna-se uma dificuldade prática, justificando assim a adoção da altitude normal em muitos casos.

Cabe ressaltar que o quase-geóide não é uma superfície equipotencial como é o caso do geóide.

A altitude normal pode ser expressa por:

$$H^N = \frac{C}{\gamma} \quad (3)$$

onde, C é o número geopotencial e γ é a gravidade teórica. Para maior detalhamento das altitudes físicas ortométrica e normal recomenda-se a leitura de MORITZ, 1980.

A Figura 07 ilustra a relação da altitude normal com a anomalia de altitude bem como as demais altitudes e seus referenciais.

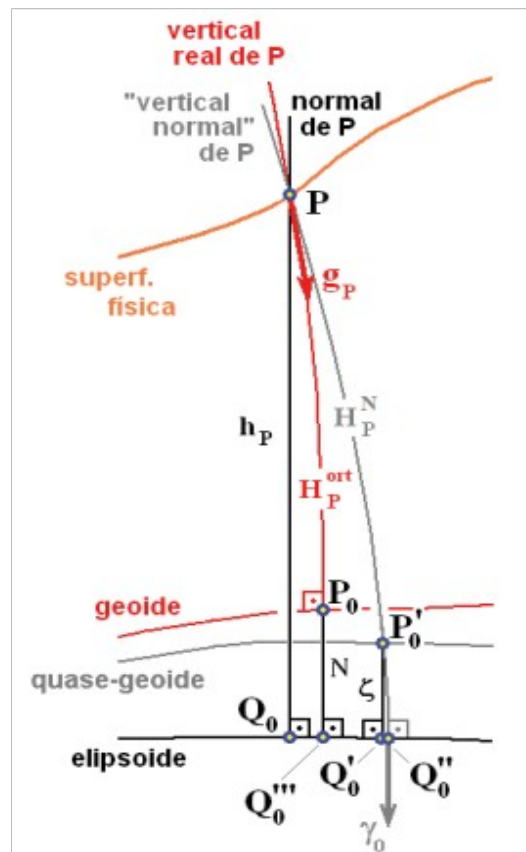


Figura 07 – Altitude Normal, altitude geométrica e altitude ortométrica
(Fonte: IBGE, 2018)

Como pode ser observado na Figura 08 temos as seguintes relações:

$$H_p^{ort} \simeq h_p - N \quad (4)$$

onde H_p^{ort} é a altitude ortométrica do ponto P, h_p é a altitude geométrica do ponto e N é a ondulação geoidal e

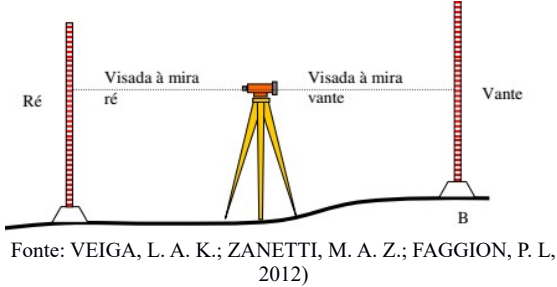
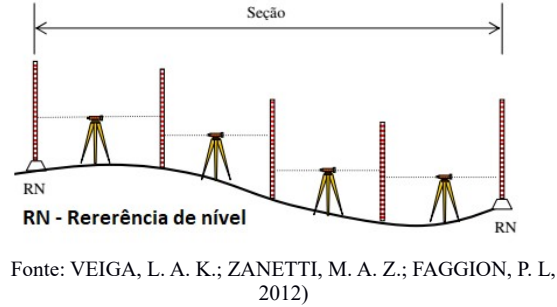
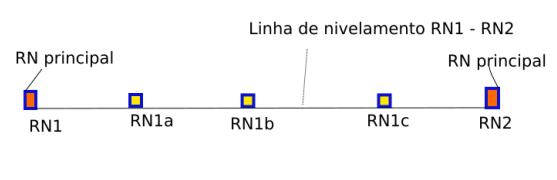
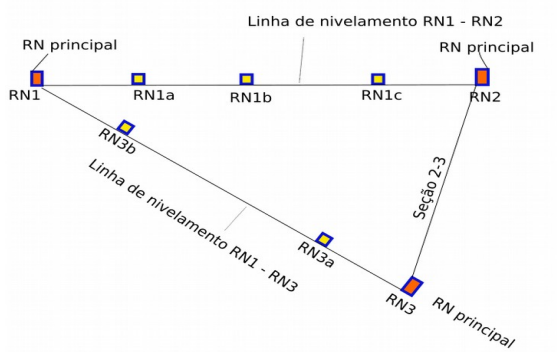
$$H_p^N \simeq h_p - \zeta \quad (5)$$

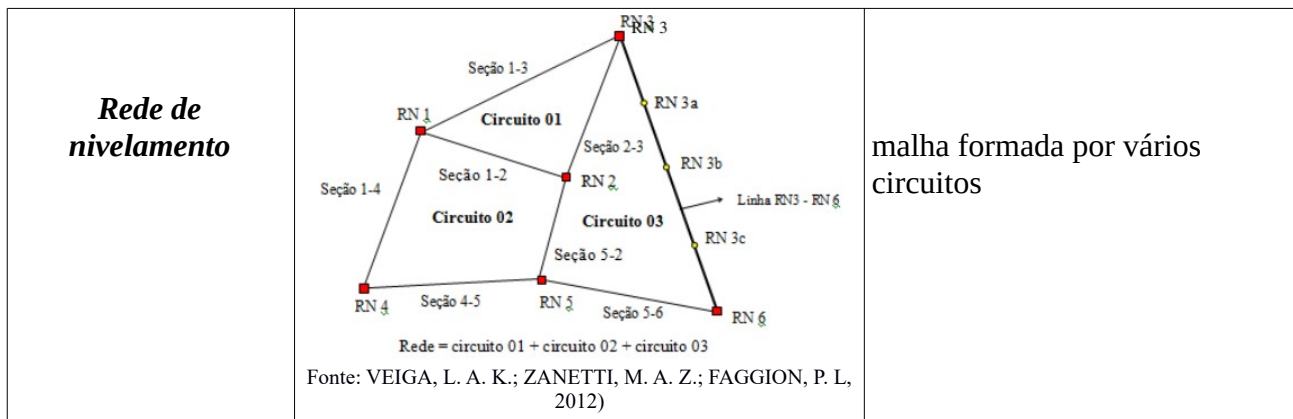
onde, H_p^N é a altitude normal do ponto P, h_p é a altitude geométrica do ponto e ζ é a anomalia de altitude.

Algumas nomenclaturas usadas no nivelamento.

Lance, seção linha de nivelamento, circuito e Rede.

A tabela que segue mostra as nomenclaturas utilizadas em nivelamentos (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012).

Nome	Representação	Definição
<i>Lance</i>	 Fonte: VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L, 2012)	Medida direta do desnível entre duas miras
<i>Seção</i>	 Fonte: VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L, 2012)	Medida do desnível entre duas Referências de Nível (RN)
<i>Linha de nivelamento</i>	 Fonte: VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L, 2012)	Conjunto das seções compreendidas entre duas RN principais
<i>Circuito de nivelamento</i>	 Fonte: VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L, 2012)	Poligonal fechada constituída de várias linhas, sendo que os pontos de convergência de duas linhas (pontos nodais) são as RN principais



Atividades complementares.

- 1) Pesquisar no site do IBGE e ler sobre a RAAP do Brasil.
- 2) Pesquisar no Banco de Dados Geodésicos do IBGE as RNs do município de Pontal do Paraná-PR.
- 3) Pesquisar sobre as altitudes ortométricas, normais e geométricas. Artigos sugeridos podem ser encontrados nos links:

<http://www2.fct.unesp.br/docentes/cart0/arana/Apgfis.pdf>

<http://sites.poli.usp.br/ptr/lgt/FTP/altitude.pdf>

Bibliografia

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Execução de levantamento topográfico, NBR 13133 Rio de Janeiro, 1994.

COMASTRI, J.A. & TULER, J.C.; Topografia: altimetria, 3. ed. Viçosa; Impr. Univ. UFV, 1999. 200 p.

IBGE - Reajustamento da Rede Altimétrica com Números Geopotenciais. 2a edição. 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101666.pdf>

IBGE - Modelo de ondulação geoidal – MAPGEO2015. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10855-modelo-de-ondulacao-geoidal.html?=&t=sobre>

LOPES, A. B. O geóide gravimétrico e o nível médio do mar na região do datum altimétrico brasileiro: um estudo comparativo. IAG-USP. 2006.

MORITZ, H. -1980- *Advanced physical geodesy*. Abacus Press Wichmann, 500 pp.

QGIS Development Team, 2020. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

SÁ, N.C. de - Elementos de Geodésia, Texto de aulas, IAG/USP, São Paulo, 1990.

SILVA, R. M. Proposta de metodologia para definição de um modelo digital de elevação para monitoramento de áreas de inundação. Dissertação de mestrado. Unipampa, 2017.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura Universidade Federal do Paraná. UFPR. 2012.

	TOPOGRAFIA II Aula teórica 02: Nivelamento geométrico e taqueométrico. Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes	
---	--	---

NIVELAMENTO GEOMÉTRICO E TAQUEOMÉTRICO

Conteúdo em vídeo

Parte 1 - <https://youtu.be/h4m7fXMPHa0>

Parte 2 - <https://youtu.be/aYMTUkT0v6Q>

Parte 3 - https://youtu.be/AMKNw2nY3_g

Nesta fase do curso de Topografia II será estudado o nivelamento geométrico e o taqueométrico ou estadimétrico e posteriormente será enfatizado o nivelamento trigonométrico.

Tipos de Nivelamento

Os nivelamentos podem ser divididos em três categorias:

1. Nivelamento geométrico ou nivelamento direto;
2. Nivelamento taqueométrico;
3. Nivelamento trigonométrico.

Nivelamento geométrico ou direto

Definição

A NBR 13133 define nivelamento geométrico como:

“ Nivelamento que realiza a medida da diferença de nível entre pontos do terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos. ”

Níveis.

Os níveis são equipamentos topográficos utilizados para o nivelamento geométrico. Esses equipamentos permitem definir um plano horizontal perpendicular a linha vertical, com precisão. O nível é composto basicamente da luneta, os níveis de bolha, sistema de compensação e calantes. A Figura 01 mostra um exemplo de nível.



Figura 01- Nível

Miras

As miras topográficas são utilizadas com os níveis para a realização dos nivelamentos topográficos. Esses equipamentos que podem ser fabricadas em fibra de vidro, alumínio ou madeira onde é impresso uma graduação numérica ou código de barras, conforme modelos apresentados na Figura 02.

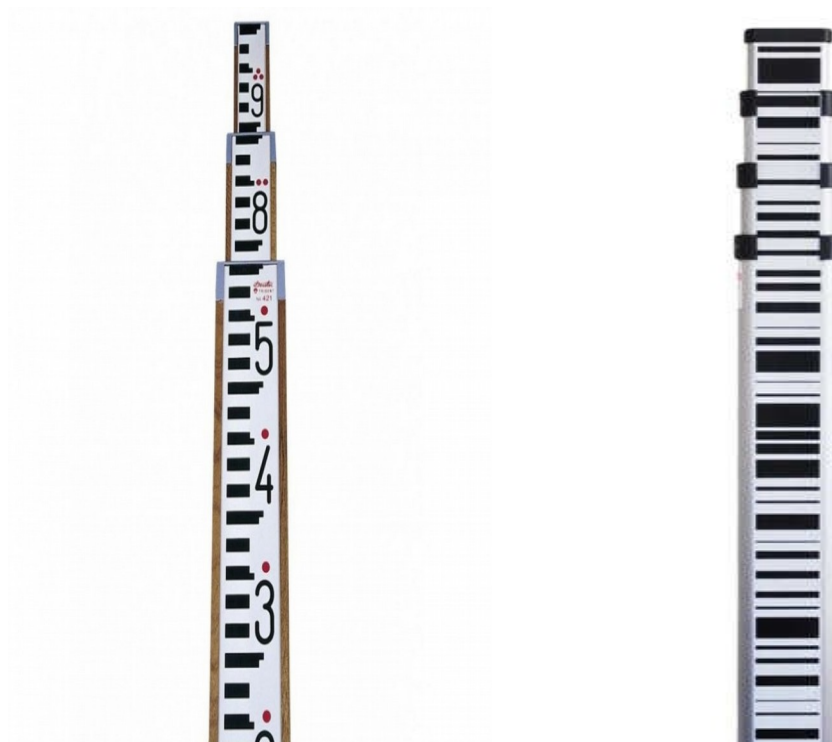


Figura 02 – Miras Topográficas

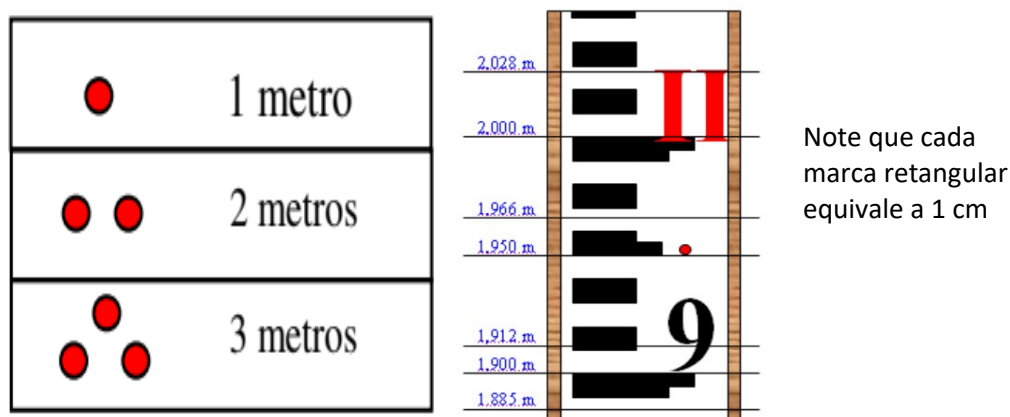


Figura 03 – Leitura de réguas topográficas
(Fonte : VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, 2012)

Classificação dos níveis

Segundo a NBR 13133 os níveis são classificados segundo desvio-padrão de 1 km de duplo nivelamento, conforme Tabela 1.

Tabela 01 – Classe de níveis

Classes de níveis	Desvio-padrão
1 - precisão baixa	$> \pm 10$ mm/km
2 - precisão média	$\leq \pm 10$ mm/km
3 - precisão alta	$\leq \pm 3$ mm/km
4 - precisão muito alta	$\leq \pm 1$ mm/km

O equipamento do laboratório de Topografia e Geodésia do CPP-CEM-UFPR é classe 3, precisão alta.

(Fonte: NBR13133)

Classes de nivelamento

A NBR 13133 estabelece as seguintes quatro classes de nivelamento:

Tabela 02 – Classe de Nivelamento

Classe	Metodologia	Desenvolvimento					Tolerância de fechamento
		Linha seção	Extensão máxima	Lance Máximo	Lance Mínimo	Máximo de lances	
IN Geométrico	Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 3, utilizando miras dobráveis,		10 km	80 m	15 m		12 mm $\sqrt{K}$

	centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura a ré e vante dos três fios, visadas eqüidistantes com diferença máxima de 10 m, ida e volta em horários distintos e com Ponto de Segurança (PS) a cada km, no máximo.						
IIN Geométrico	Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 2, utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura do fio médio, ida e volta ou circuito fechado, com Ponto de Segurança (PS) a cada dois km, no máximo.		10 km	80 m	15 m		$20 \text{ mm } \sqrt{K}$
IIIN Trigonométrico	Nivelamento trigonométrico a ser realizado através de medidas de distâncias executadas com medidor eletrônico de distância - MED - classe 1, leituras recíprocas (vante e ré) em uma única série, ou medidas de distâncias executadas à trena de aço devidamente aferida, com controle estadimétrico de erro grosseiro, leituras do ângulo vertical conjugadas, direta e inversa, em uma série direta e inversa, com teodolito classe 2 ou estação total classe 2.	Princ. Sec.	10 km 5 km	500 m 300 m	40 m 30 m	40 20	$0,15 \text{ m } \sqrt{K}$ $0,20 \text{ m } \sqrt{K}$
IVN Taqueométrico	Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 3, utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura a ré e vante dos três fios, visadas eqüidistantes com diferença máxima de 10 m, ida e volta em horários distintos e com Ponto de Segurança (PS) a cada km, no máximo.	Princ. Sec.	5 km 2 km	150 m 150 m	30 m 30 m	40 20	$0,30 \text{ m } \sqrt{K}$ $0,40 \text{ m } \sqrt{K}$

(Fonte: NBR13133)

Nivelamento geométrico simples e nivelamento geométrico composto.

Nivelamento geométrico simples

Nivelamento geométrico simples é aquele que, com uma única posição do aparelho instalado no terreno se consegue determinar todas as diferenças de níveis dos pontos topográficos. A Figura 04 ilustra os dois casos.

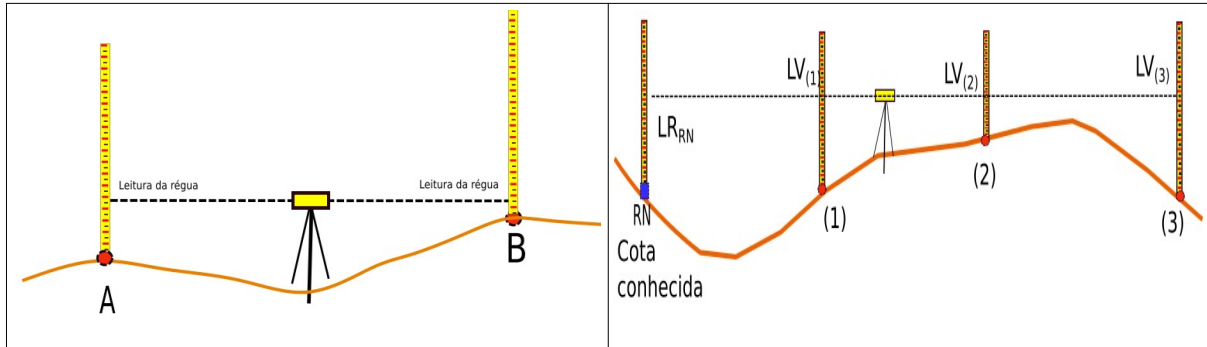


Figura 04 – Nivelamento Geométrico Simples

Na Figura 04, ilustração da esquerda é apresentado um nivelamento simples onde pode ser obtido a cota de um ponto, enquanto na ilustração da direita da mesma figura ilustra um nivelamento simples onde pode se obter a cota de diversos pontos sem mudança do equipamento.

Obtenção de cotas no nivelamento geométrico simples.

A Figura 05 ilustra um nivelamento geométrico simples. Para se determinar a cotas dos pontos (1), (2) e (3) há a necessidade de se conhecer a cota da RN. Lembrando que a RN (neste caso o ponto de referência) pode ser um ponto arbitrário sem vínculo com nenhum sistema de referência.

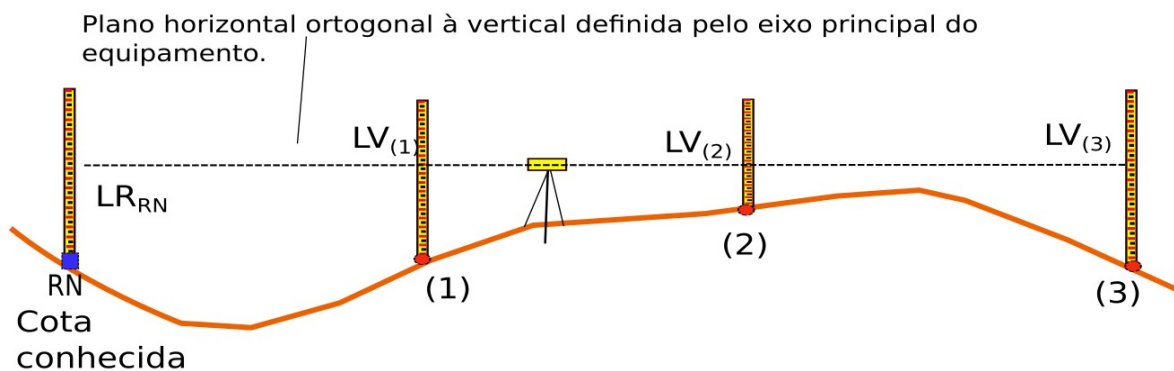


Figura 05 – Obtenção de cotas no nivelamento geométrico simples

Note que não houve mudança de local do equipamento, ou seja, todas as cotas foram determinadas com o equipamento estacionado em apenas um local.

Considerando que a cota da $RN = C_{RN}$, as cotas dos demais pontos são expressas por:

$$C_{(1)} = C_{RN} + LR_{RN} - LV_{(1)}$$

$$C_{(2)} = C_{RN} + LR_{RN} - LV_{(2)}$$

$$C_{(3)} = C_{RN} + LR_{RN} - LV_{(3)}$$

onde, $C_{(1)}$, $C_{(2)}$, $C_{(3)}$ são as cotas nos pontos (1), (2) e (3), respectivamente, LR_{RN} é a leitura da ré na RN e $LV_{(1)}$, $LV_{(2)}$ e $LV_{(3)}$ são as leituras de vantes nos pontos (1), (2) e (3), respectivamente.

Nivelamento geométrico composto

No caso do nivelamento geométrico composto ocorre uma sucessão de nivelamentos simples, neste caso ocorre a mudança do equipamento para a obtenção das cotas. Para se obter as cotas de todos os pontos há a necessidade de se amarrar o nivelamento através das estacas de mudanças (estacas onde se realiza leituras de ré). A Figura 06 ilustra o nivelamento geométrico composto.

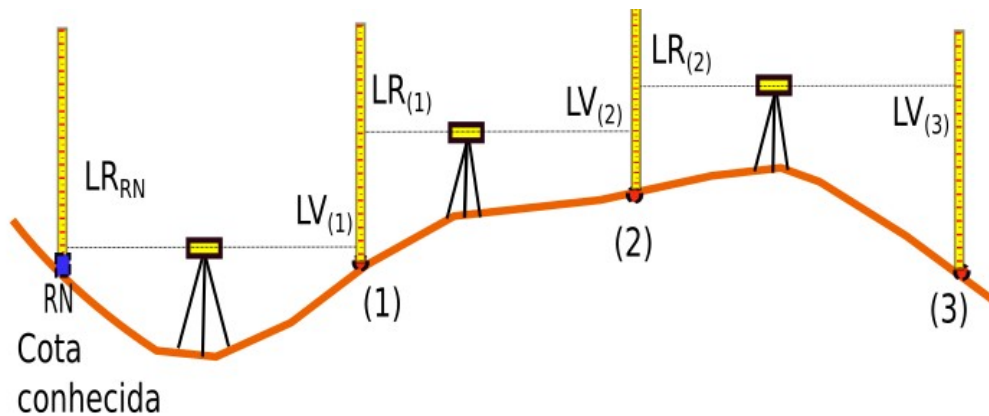


Figura 06 – Nivelamento Geométrico Composto.

Obtenção de cotas no nivelamento geométrico composto.

A Figura 07 ilustra um nivelamento geométrico composto. Analogamente a obtenção de cotas no nivelamento simples apresentado anteriormente, as cotas dos pontos (1), (2) e (3) também são determinadas a partir de um ponto de referência que pode ser arbitrário, neste caso a RN.

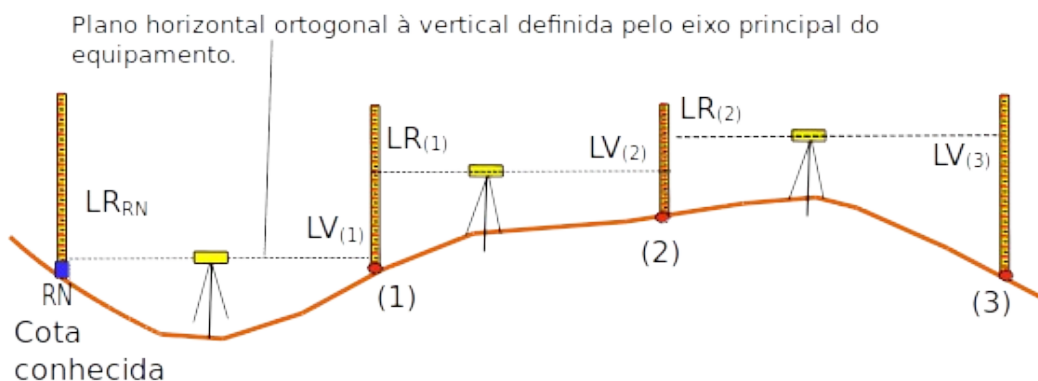


Figura 07 – Obtenção de cotas no nivelamento geométrico composto

Considerando que a cota da $RN = C_{RN}$, as cotas dos demais pontos são expressas por:

$$C_{(1)} = C_{RN} + LR_{RN} - LV_{(1)}$$

$$C_{(2)} = C_{(1)} + LR_{(1)} - LV_{(2)}$$

$$C_{(3)} = C_{(2)} + LR_{(2)} - LV_{(3)}$$

onde, $C_{(1)}$, $C_{(2)}$, $C_{(3)}$ são as cotas nos pontos (1), (2) e (3), respectivamente, LR_{RN} , $LR_{(1)}$ e $LR_{(2)}$ são as leituras de ré na RN e nos pontos (1) e (2) e $LV_{(1)}$, $LV_{(2)}$ e $LV_{(3)}$ são as leituras de vantes nos pontos (1), (2) e (3), respectivamente.

Neste caso as estacas de mudanças são os pontos (1), (2) e (3).

Leituras da miras topográficas.

Os níveis eletrônicos realizam leituras eletrônicas das réguas topográficas que possuem código de barras. Entretanto nos níveis óticos há a necessidade de se ler a régua topográfica, conforme ilustrado na Figura 03.

A determinação das cotas se dá pela leitura do fio médio (Figura 08)

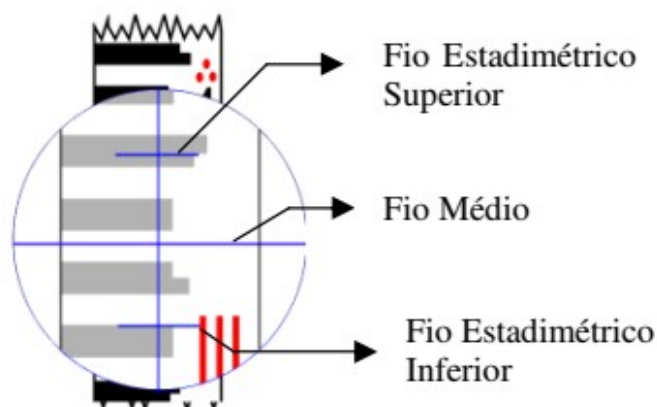


Figura 08 – Leitura dos fios inferior, médio e superior.

(Fonte : VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, 2012)

Para que se possa evitar erros deve-se anotar os 3 fios e verificar se $FM = \frac{FS + FI}{2}$. Caso esta equivalência não se confirme deve-se conferir as medidas.

Outros cuidados devem ser tomados, como nivelar o equipamento adequadamente e manter a régua sempre na vertical com o auxílio de níveis de cantoneira.

Nivelamento taqueométrico

Definição

A NBR13133 define nivelamento taqueométrico como:

“Nivelamento trigonométrico em que as distâncias são obtidas taqueometricamente e a altura do sinal visado é obtida pela visada do fio médio do retículo da luneta do teodolito sobre uma mira colocada verticalmente no ponto cuja diferença de nível em relação à estação do teodolito é objeto de determinação.”

Equipamentos usados no nivelamento taqueométrico.

As equações para obtenção das cotas no nivelamento taqueométrico serão mostradas posteriormente.

Os modelos de caderneta de campo são usados de acordo com o tipo de nivelamento, alguns modelos são mostrados a seguir.

[illegible]

Outro modelo de caderneta é mostrado na Figura 10.

Exercícios

Exercícios em sala de aula.

1) De acordo com a Figura 13 abaixo preencha a caderneta de campo e determine as cotas e determine as cotas. A distância entre as estacas é de 10 metros.

Exercício proposto por COMASTRI, J.A. & TULER, 1999, pg. 77.

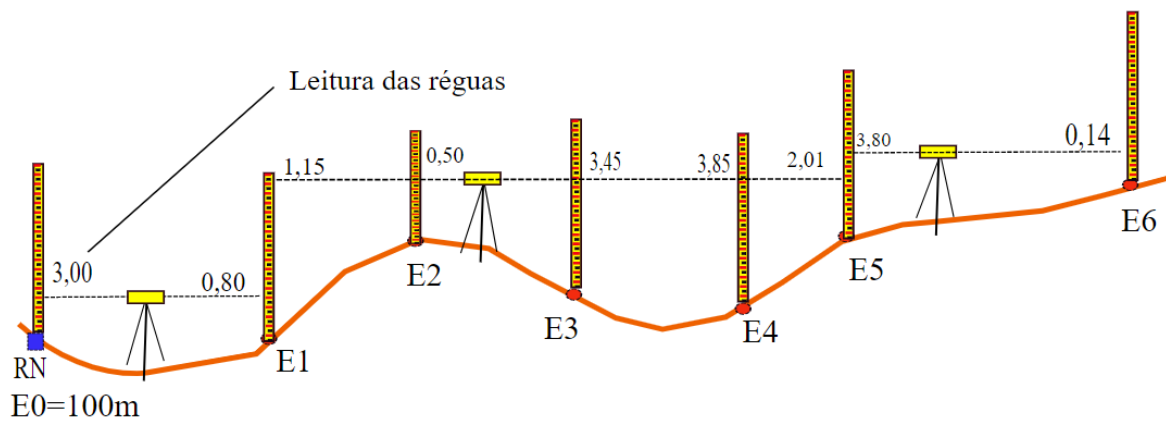


Figura 13 – Exemplo de nivelamento
(Fonte: Adaptado de COMASTRI, J.A. & TULER, 1999)

Resolução

Estacas	Leitura		Cotas	Diferença de Nível		Observações
	Ré	Vante		Positivo	Negativo	
E0	3,000		100,000			
E1	1,150	0,800	102,200	2,200		Troca de estaca
E2		0,500	102,850	2,850		
E3		3,450	99,900		-0,100	
E4		3,850	99,500		-0,500	
E5	3,800	2,010	101,340	1,340		Troca de estaca
E6		0,140	105,000	5,000		
E1 e E5 – Estacas de mudança						

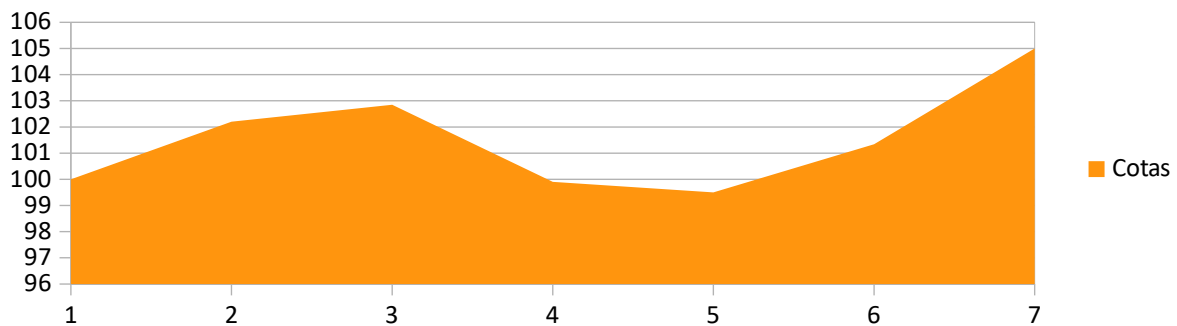


Figura 14 – Perfil do terreno determinado com as cotas calculadas

Sugestão de exercícios.

1) Fazer os exercícios do Livro:

Mccomarc, J. Topografia. 5ª Edição. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2010. Páginas: 117 e 118.

2) Refazer o exercício mostrado em sala de aula, sendo que a cota da RN (E0) equivale a 105 m.

Bibliografia

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Execução de levantamento topográfico, NBR 13133 Rio de Janeiro, 1994.

COMASTRI, J.A. & TULER, J.C.; Topografia: altimetria, 3. ed. Viçosa; Impr. Univ. UFV, 1999. 200 p.

MCCORMAC, J. TOPOGRAFIA. 5ª. EDIÇÃO. EDITORA LTC. RIO DE JANEIRO, 2010.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura Universidade Federal do Paraná. UFPR. 2012.

EFEITOS DA CURVATURA DA TERRA E REFRAÇÃO NA ALTIMETRIA.

Conteúdo em vídeo.

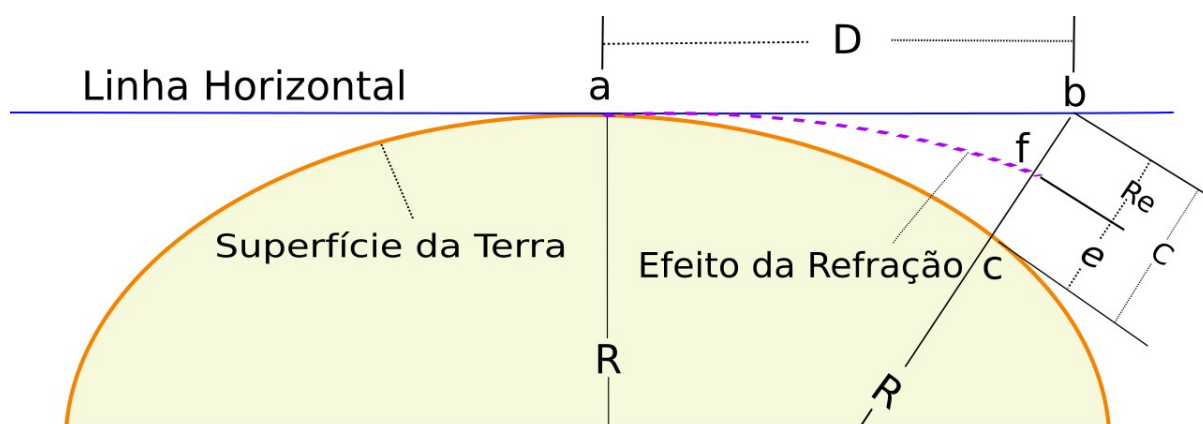
Parte 1 - <https://youtu.be/MiUJA0uDaRM>

Parte 2 - <https://www.youtube.com/watch?v=XREIQQQDWRo&feature=youtu.be>

Quando se trabalha com lances longos temos que levar em consideração o erro referente a curvatura da Terra e a refração. Estes erros são inerentes ao levantamento e devem ser corrigidos conforme será visto adiante.

Erro de curvatura da Terra e refração.

Na Figura 01 é ilustrado o erro de curvatura da Terra e a refração. Este erro ocorre porque se substitui a superfície verdadeira, no caso a superfície da Terra por uma superfície aparente mostrada pela linha horizontal que é definida por um nível devidamente nivelado.



D - Distância de visada - distância entre a e b

R - Raio da Terra

Re - Erro de refração - distância entre f e b

C - Erro de curvatura - distância c e b

e - Erro de curvatura e refração - distância entre c e f

Figura 01-Erro de curvatura da Terra e refração

No caso do nivelamento trigonométrico de lances longos os erros de curvatura e refração também estão presentes, conforme ilustra a Figura 02.

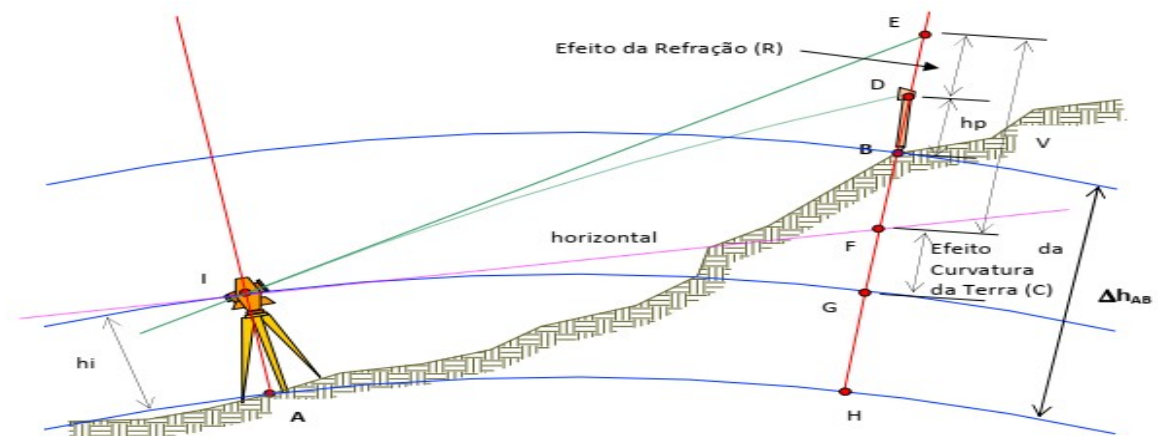


Figura 02 - Erro de curvatura da Terra e refração, caso do nivelamento trigonométrico
(Fonte: VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L., 2014)

Verifica-se nos dois casos que o efeito combinado dos erros de curvatura da Terra e refração é dado por:

$$e = C - R \quad (1)$$

Determinação do erro de curvatura (C)

O valor do erro de curvatura (C) pode ser facilmente encontrado conforme pode ser verificado na Figura 03.

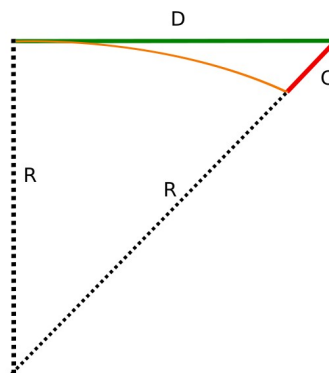


Figura 03 – Erro de curvatura da Terra.

Matematicamente.

$$(R+C)^2 = D^2 + R^2$$

$$R^2 + 2RC + C^2 = D^2 + R^2$$

$$2RC + C^2 = D^2 \quad \rightarrow \quad C(2R+C) = D^2$$

$$C = \frac{D^2}{2R+C} \quad (2)$$

Pela equação (2) verifica-se que a determinação da correção (C) está em função também de C , entretanto este valor é muito menor comparando com o raio da Terra, podendo assim ser desprezado. Neste caso a equação (2) torna-se:

$$C = \frac{D^2}{2 * R} \quad (3)$$

onde D é a distância de visada, ou seja, a distância entre o ponto em que se está estacionado o equipamento (nível ou teodolito, ou estação total) e o ponto a ser medido (distância entre a e b na Figura 01) e R é o raio da Terra.

Considerando o raio da terra como 6371 km a equação 2 é simplificada:

$$C = 0,00007848 * D^2 \text{ Km} \quad (4)$$

Devemos verificar que a equação está em quilômetros, ou seja, a distância D deve ser dada em quilômetros no cálculo de C . Como as medidas topográficas são realizadas na escala de metros é conveniente rescrever a equação em metros, para isto basta multiplicar por mil.

$$C = (0,00007848) * 1000 * D^2 \text{ m}$$

$$C = 0,07848 * D^2 \text{ m} \quad (5)$$

Determinação do erro de refração (Re)

O erro de refração é um efeito causado pela refração dos raios de luz que atravessam camadas de densidade diferente, no caso, os raios de luz que passam pela atmosfera da Terra são refratados em direção à superfície da Terra (onde estão as camadas mais densas) conforme pode ser observado na Figura 01 (linha entre os pontos a e f). Podemos verificar também que o erro de refração atenua o erro de curvatura, conforme equação (1). A Figura 04 mostra os elementos do erro de refração.

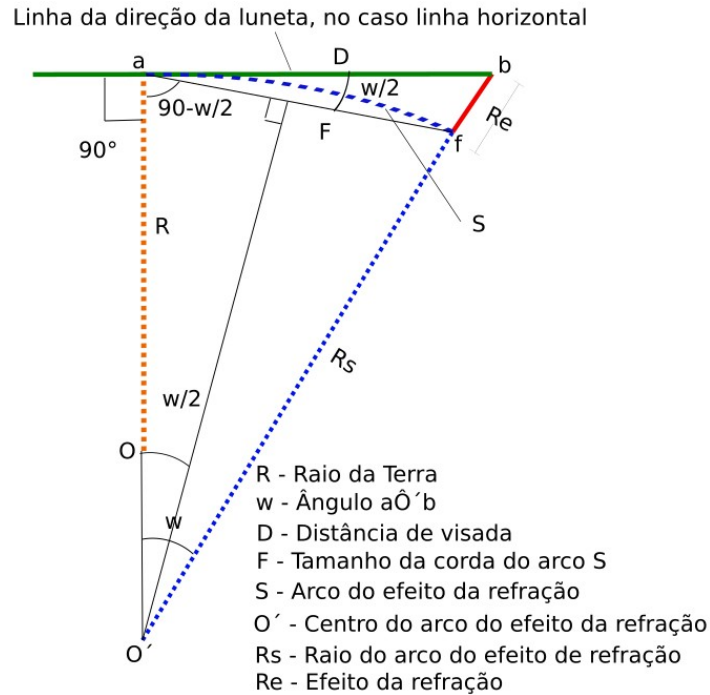


Figura 04 – Erro de refração;

Para se determinar o erro de refração temos que partir da premissa que existe uma relação entre o raio da Terra (R) e o raio do arco do efeito de refração (R_s) que é a linha de visão (S) mostrada na Figura 04 (SCHOFIELD, 2001).

$$K = R/R_s \rightarrow R_s = R/K \quad (6)$$

Neste processo temos variáveis que podemos medir ou conhecemos e as que não podemos medir nem conhecemos. As variáveis que podemos obter ou conhecemos é a distância entre os pontos ab (D), o raio da Terra (R) e o coeficiente de refração (K) que varia de acordo com o local, já o raio do efeito de refração (R_s) e do ângulo central (w) não podemos obter por medidas e nem conhecemos. Assim, devemos determinar o erro de refração (Re) em função das variáveis que conhecemos.

Sabemos também que o arco (S) pode ser dado por:

$$S = w * R_s \quad (7)$$

Dividindo a equação (7) por dois e isolando o ângulo $w/2$ temos a relação:

$$\frac{S}{2} = \frac{w * R_s}{2} \rightarrow \frac{w}{2} = \frac{S}{2 * R_s} \quad (8)$$

O efeito de refração (Re) pode ser tratado como um arco sem maiores prejuízos na precisão. Assim:

$$Re = \frac{w}{2} * S \quad (9)$$

Também podemos dizer o arco do efeito da refração (S), a distância de visada (D) e a corda do arco S são praticamente iguais e esta aproximação não acarreta em prejuízo na precisão.

$$S \approx D \approx F \quad (10)$$

Por fim, substituindo a equação (8) na equação (9) temos e considerando $S=D$, temos:

$$Re = \left(\frac{S}{2 * R_s} \right) * S \rightarrow Re = \frac{S^2}{2 * R_s} \rightarrow Re = \frac{D^2}{2 * R_s} \quad (11)$$

Conforme observado na equação (11) o valor de Re ainda está em função de R_s que é um valor que não podemos determinar, neste caso, temos que substituir a equação (6) na equação (11):

$$Re = \frac{D^2}{2 * (R/k)} \rightarrow Re = \frac{D^2 * K}{2 * R} \quad (12)$$

O erro da curvatura da terra combinado com o erro de refração

Conforme visto anteriormente, o erro de refração atenua o erro de curvatura, assim podemos reescrever a equação (1) com as equações (3) e (12):

$$e = \frac{D^2}{2 * R} - \frac{D^2 * K}{2 * R} \rightarrow e = \frac{D^2 (1 - k)}{2 * R} \quad (13)$$

Para os valores de K , VEIGA; ZANETTI & FAGGION, 2012 indica um valor médio de $K = 0,13$, embora este valor pode variar em função do local e de outras condições ambientais.

Exercício em sala de aula.

1) Determine o valor do erro de curvatura, de refração e combinado com as distâncias dadas nas tabelas abaixo. Esboce o gráfico dos erros em função da distância. O Raios da Terra equivale a 6371 km e o valor de $K=0,13$.

Solução

Distância (km)	Erro de curvatura (m)	Erro de refração (m)	Erro combinado (m)
0,1	0,00078	0,000102025	0,000682781353006
0,15	0,00177	0,000229556	0,001536258044263
0,2	0,00314	0,000408099	0,002731125412023
0,25	0,00491	0,000637655	0,004267383456286
0,5	0,01962	0,002550620	0,017069533825145
1	0,07848	0,010202480	0,068278135300581
2	0,31392	0,040809920	0,273112541202323
5	1,96202	0,255062000	1,70695338251452
10	7,84806	1,020247999	6,82781353005808

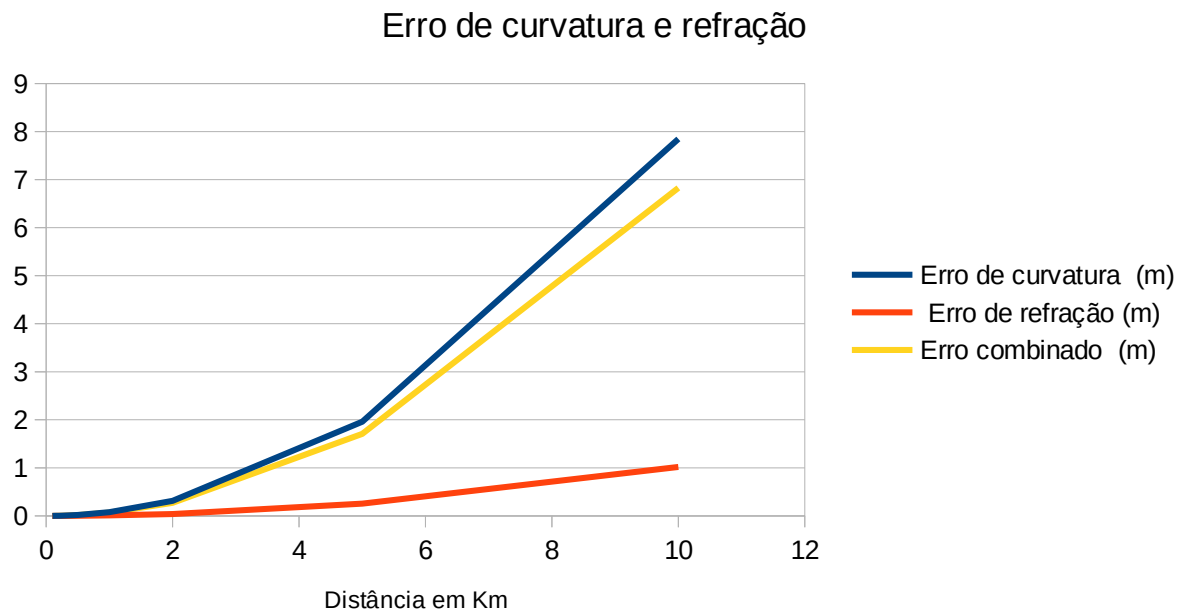


Figura 05 – Comparação dos erros de curvatura e refração em função da distância

Exercício proposto

1) Determine o erro de curvatura e refração em um nivelamento trigonométrico entre Praia de Leste e Pontal do Sul, sabendo que a distância é de 20 Km. Considere, apenas para fins didáticos que o levantamento foi feito em apenas 1 lance.

R: 27,31 m

Bibliografia

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. Universidade Federal do Paraná. UFPR. 2012.

SCHOFIELD, W. Engineering surveying: theory and examination problems for students. 5th ed. Oxford [England] ; Boston : Butterworth-Heinemann. 2001.

	TOPOGRAFIA II			
	Aula teórica 03_1: Métodos do nivelamento geométrico			
	Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes			

MÉTODOS DO NIVELAMENTO GEOMÉTRICO.

Conteúdo em vídeo

Parte 1 - <https://youtu.be/1gduMV9F6xs>

Alguns métodos no nivelamento geométrico são usados de acordo com a aplicação e vantagens.

Deve-se ter em mente que em toda medida existem erros inerentes. Como foi visto, nos nivelamentos ocorrem os erros de curvatura, refração.

Soma-se a estes erros o erro de colimação que é a imprecisão da materialização da horizontalidade (perpendicular a direção do vetor de gravidade no centro óptico do equipamento). Este erro pode ser causado por imperfeições ópticas do equipamento.

Estes erros inerentes devem ser corrigidos ou devem ser adotados métodos em campo para que possam ser evitados. No caso do nivelamento geométrico, alguns métodos são usados em campo para minimizar estes erros, a saber:

1. Método das visadas Iguais;
2. Método das visadas equidistantes;
3. Método das visadas recíprocas.

O método de visadas extremas, embora seja um método muito aplicado na construção civil, não possui a vantagem de minimizar os erros de curvatura, refração e colimação.

Para cada caso será mostrado as equações, vantagens e aplicações dos métodos.

Método das visadas iguais.

O método das visadas iguais é um método simples de ser empregado e muito utilizado para nivelamento de precisão, como nivelamentos aplicado à geodésia (nivelamento de 1º ordem).

O método consiste em colocar as miras (na ré e vante) na mesma distância do nível, conforme Figura 06.

A grande vantagem do método é a minimização do erro de curvatura, refração e colimação, além de ser de fácil aplicação

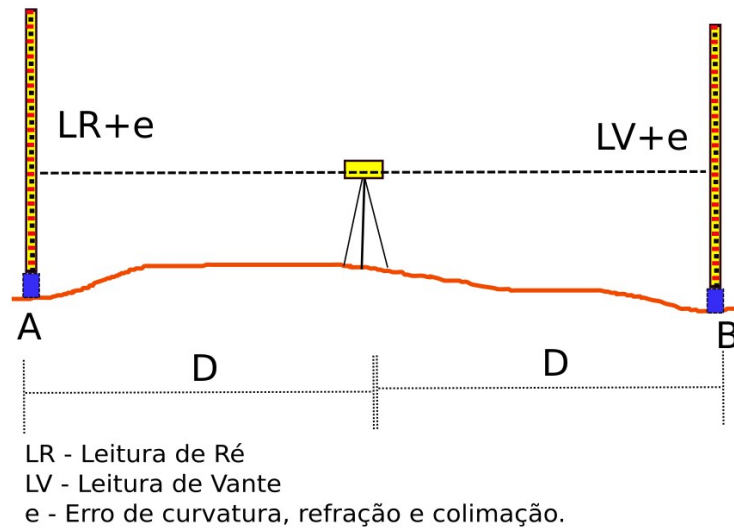


Figura 06 – Método das visadas iguais.

No método das visadas iguais não há a necessidade do equipamento estar alinhado com os pontos Ré e Vante (Ponto A e B na Figura 06), entretanto a distância entre estes pontos têm que ser a mesma.

Equações

Sendo o ponto A com cota conhecida, a cota do ponto B é obtida por:

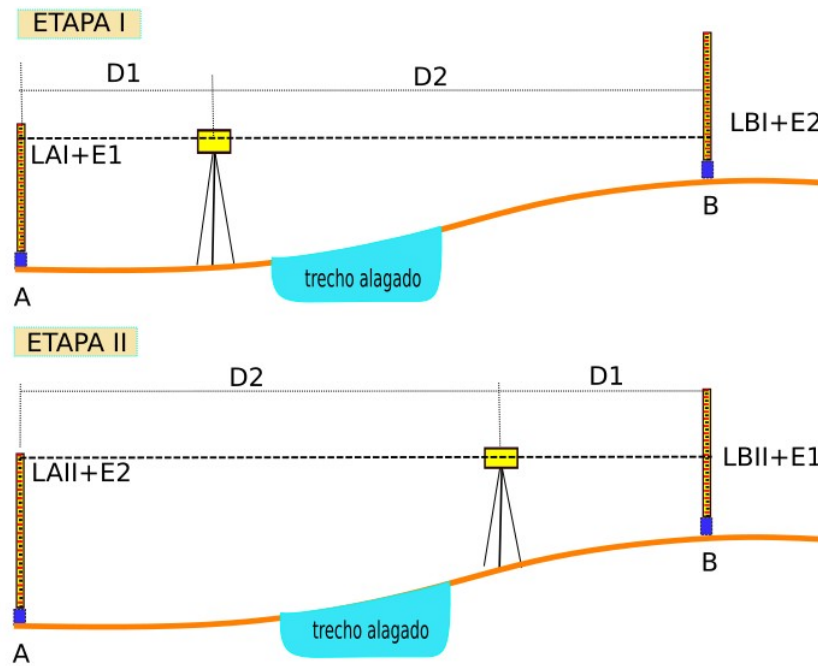
$$C_B = C_A + (LR + e) - (LV + e) \rightarrow C_B = C_A + LR - LV \quad (14)$$

Método das visadas equidistantes

No método das visadas equidistantes é realizado duas medidas para cada lance conforme ilustra a Figura 07.

Como vantagens o método possibilita minimizar os erros de curvatura e refração. Sua desvantagem é a morosidade em sua execução.

Geralmente este método é aplicado em locais onde se tem obstáculos como rios, pântanos e onde não se é possível aplicar o método das visadas iguais.



LAI - Leitura da mira no ponto A na primeira etapa
 E1 - Erro de colimação, curvatura e refração considerando D1
 LB1 - Leitura da mira no ponto B na primeira etapa
 E2 - Erro de colimação, curvatura e refração considerando D2
 LAII - Leitura da mira no ponto A na segunda etapa
 LBII - Leitura da mira no ponto B na segunda etapa
 D1 - Distância 1
 D2 - Distância 2

Figura 07 – Método das visadas equidistantes.

Equações

Como foram realizadas duas etapas para se determinar a cota do mesmo ponto (B), temos:

$$C_B = C_A + (LAI + E1) - (LBI + E2) \quad (15)$$

$$C_B = C_A + (LAII + E2) - (LBII + E1) \quad (16)$$

Somando a equação (15) com a equação (16):

$$\begin{aligned}
 2C_B &= 2C_A + LAI + E1 - LBI - E2 + LAII + E2 - LBII - E1 \rightarrow \\
 2C_B &= 2C_A + (LAI + LAII) - (LBI + LBII)
 \end{aligned} \quad (17)$$

Dividindo a equação (17) por 2 temos:

$$C_B = C_A + \left(\frac{(LAI + LAII) - (LBI + LBII)}{2} \right) \quad (18)$$

Para a diferença de nível (ΔH_{AB}):

$$\Delta H_{AB} = C_B - C_A = \left(\frac{(LAI + LAII) - (LBI + LBII)}{2} \right) \quad (19)$$

Método das visadas recíprocas

O método das visadas recíprocas consiste em realizar a medida duas vezes para cada lance, neste caso instala-se o equipamento nos pontos onde foi colocada a mira e vice-versa (Figura 08).

Este método possui a vantagem de corrigir os erros de curvatura, refração e colimação, entretanto possui duas desvantagens: 1) é moroso comparado com o método das visadas iguais e 2) é necessário medir a altura do instrumento que possui erros inerentes.

Pode ser aplicado em situações onde não se consegue realizar o método das visadas iguais.

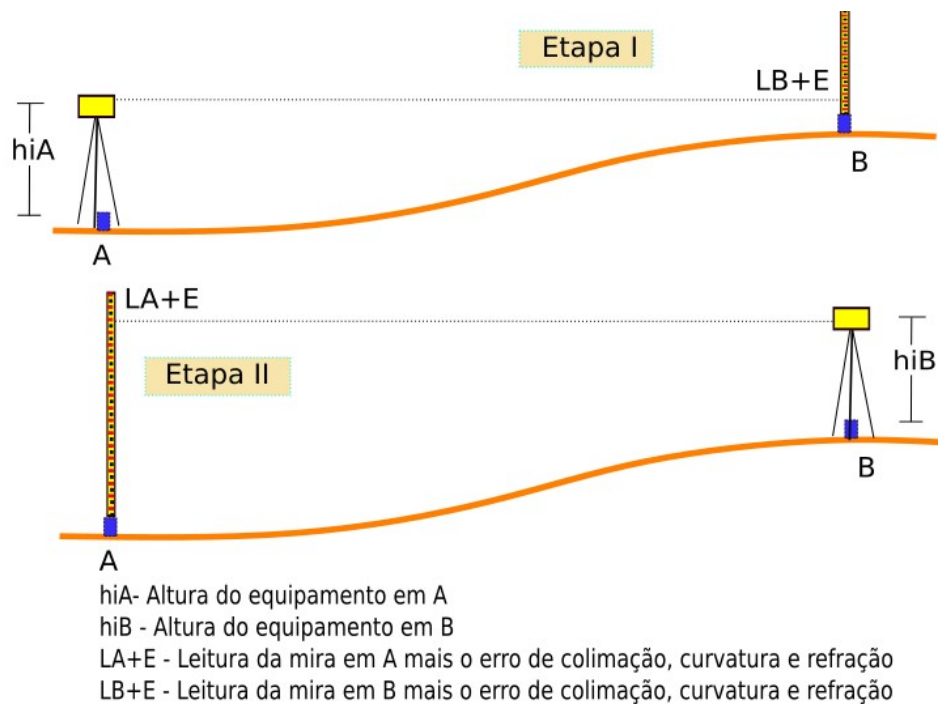


Figura 08 – Método das visadas recíprocas

Equações

De acordo com a Figura 08 a cota do Ponto B pode ser obtida por:

$$C_A - C_B = \Delta H_{AB} = hiA - (LB + E) \quad (20)$$

$$C_B - C_A = \Delta H_{BA} = hiB - (LA + E) \quad (21)$$

Mas $\Delta H_{AB} = -\Delta H_{BA}$ então:

$$C_A - C_B = \Delta H_{AB} = -hi_B + LA + E \quad (22)$$

Somando a equação (22) com a equação (20):

$$2\Delta H_{AB} = hi_A - LB - E - hi_B + LA + E \rightarrow$$

$$\Delta H_{AB} = \frac{(hi_A - hi_B) + (LA - LB)}{2} \quad (23)$$

Para determinar a cota:

$$C_A = C_B + \frac{(hi_A - hi_B) + (LA - LB)}{2} \quad (24)$$

Métodos das visadas extremas

O método das visadas extremas consiste basicamente em se estacionar o equipamento em um ponto e a partir deste ponto se fazer uma varredura dos pontos onde se deseja determinar as cotas ou diferenças de nível. É um método de fácil e rápida execução em campo.

Apesar das vantagens anotadas, este método não permite a minimização dos erros de curvatura, refração e colimação.

Neste método duas variáveis são necessárias: 1) a altura do equipamento e 2) a leitura da mira no ponto onde se deseja determinar a cota, conforme Figura 09.



Figura 09 – Método das visadas extremas.

Neste caso a cota do ponto B é determinada por:

$$C_B = C_A + hi - LV \quad (15)$$

Também podemos obter a diferença de nível:

$$\Delta_{AB} = C_B - C_A = hi - LV \quad (16)$$

Em alguns casos medir a altura do instrumento com precisão apresenta alguns inconvenientes como a dificuldade de se medir a exata distância entre o centro do equipamento e o ponto, já que em alguns níveis não existe o mecanismo de centragem e medida de altura do instrumento presente em teodolitos e estações totais.

Para contornar este inconveniente adota-se uma referência (Ré) conforme ilustra a Figura 10.

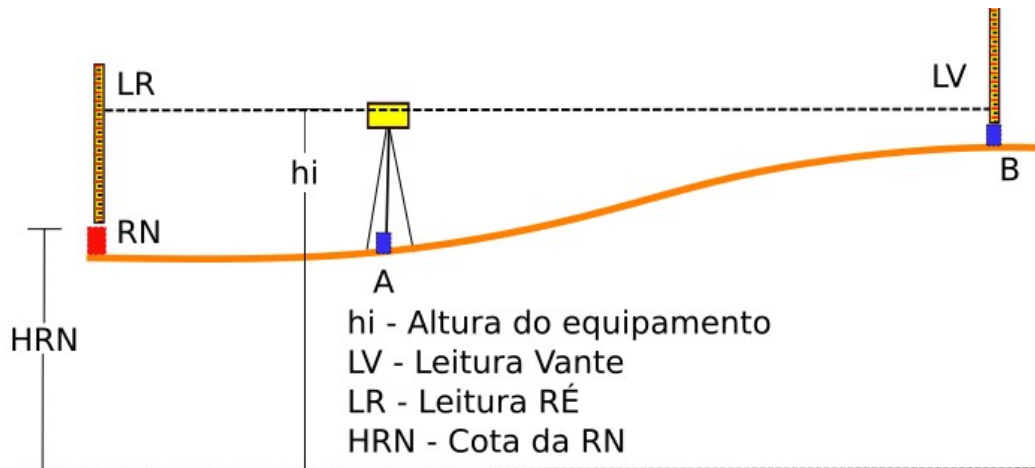


Figura 10 – Método das visadas extremas – determinação da altura do nível com RN

Neste caso a cota do ponto B é determinada por:

$$hi = HRN + LR$$

$$C_B = hi - LV \rightarrow C_B = HRN + LR - LV \quad (17)$$

Todos os métodos serão realizados em aulas práticas.

Exercício

1) As Tabelas que seguem mostram um nivelamento entre 3 estacas alinhadas (A, B e C). Nos métodos de visadas iguais, visadas equidistantes e visadas recíprocas adotou-se uma cota para a estaca A de 10,00 metros. No método das visadas extremas adotou-se uma ré também com cota de 10 metros. Com os dados abaixo, determine as cotas em todas as estacas e as diferenças de nível entre as estacas utilizando os 4 referidos métodos de nivelamento, sendo que a cota do ponto A e a cota da ré equivale aos 2 últimos números do CPF (ou adote uma cota arbitrária diferente de 10 m).

Dica: Utilize planilhas eletrônicas.

Visadas Iguais				
Pontos	Leitura		Cotas	Diferença de Nível
	Ré	Vante		
A	1,30		10,00	
B	1,10	1,29	10,01	0,01
C		0,90	10,21	0,20

Visadas Extremas			
Observação: Utilizando a altura do equipamento pela régua			
Altura do equipamento:		1,24	Diferença de Nível
Pontos	Leitura	Cotas	
RÉ		10,00	
A	1,08	10,16	
B	1,09	10,15	-0,01
C	0,89	10,35	0,20

Visadas Equidistantes				
Lance 1				
	Leitura			
Pontos	Ré	Vante		
A	1,32			
B		1,36		
B'		1,40		
A'	1,40			
Lance 2				
	Leitura			
Pontos	Ré	Vante		
B	1,29			
C		1,08		
C'		1,10		
B'	1,31			
Cotas	A	10,00	Diferença de Nível	
	B	9,98		-0,02
	C	10,19		0,21

Visadas Recíprocas			
Observação: Utilizando a altura do equipamento			
Lance 1			
Pontos	Visando	Leitura	Altura do Eq.
A	B	1,40	1,43
B	A	1,39	1,45
Lance 2			
Pontos	Visando	Leitura	Altura do Eq.
B	C	1,21	1,45
C	B	1,41	1,25
Cotas		Diferença de Nível	
A	10,00		
B	9,99		-0,01
C	10,19		0,20

Bibliografia

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. Universidade Federal do Paraná. UFPR. 2012.

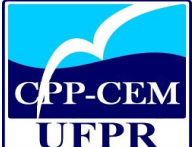
Bibliografias complementares

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Execução de levantamento topográfico, NBR 13133 Rio de Janeiro, 1994.

COMASTRI, J.A. & TULER, J.C.; Topografia: altimetria, 3. ed. Viçosa; Impr. Univ. UFV, 1999. 200 p.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia – Material de Apoio para a disciplina de Topografia II do Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da UFPR: altimetria, locação e levantamento planialtimétrico. Universidade Federal do Paraná. UFPR, 2014.

WOLF, P. R.; GUILANI, C. D. Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics. John Wiley & Sons, New York, 2002

	TOPOGRAFIA II			
	Aula teórica 04: Nivelamento trigonométrico			
	Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes			

NIVELAMENTO TRIGONOMÉTRICO

Conteúdo em vídeo

Parte 1- <https://www.youtube.com/watch?v=c6qQ3yet7Uo&feature=youtu.be>

Parte 2- <https://youtu.be/kNxDLHDFK7Q>

Definição

Segundo a NBR 13133 define-se nivelamento trigonométrico:

“Nivelamento que realiza a medição da diferença de nível entre pontos do terreno, indiretamente, a partir da determinação do ângulo vertical da direção que os une e da distância entre estes, fundamentando-se na relação trigonométrica entre o ângulo e a distância medidos, levando em consideração a altura do centro do limbo vertical do teodolito ao terreno e a altura sobre o terreno do sinal visado.”

Comparando com o nivelamento geométrico, o nivelamento trigonométrico proporciona maior agilidade nos levantamentos, principalmente em terrenos mais acidentados, embora seja menos preciso.

Formulação matemática

Na prática o topógrafo necessita de medir distâncias, ângulos, altura do instrumento, altura do prisma (ou fio médio no caso de se trabalhar com teodolito).

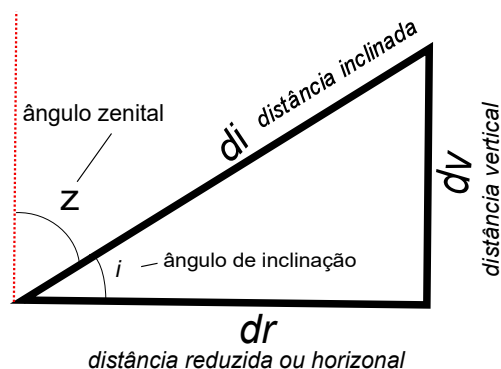


Figura 01 – Relações trigonométricas no nivelamento trigonométrico

Na Figura 01 podemos observar que dv pode ser obtido por:

$$tg(i) = \frac{dv}{dr} \rightarrow dv = dr * tg(i) \quad (1)$$

$$sen(i) = \frac{dv}{di} \rightarrow dv = di * sen(i) \quad (2)$$

$$\operatorname{tg}(z) = \frac{dr}{dv} \rightarrow dv = \frac{dr}{\operatorname{tg}(z)} \rightarrow dv = dr * \cotg(z) \quad (3)$$

$$\cos(z) = \frac{dv}{di} \rightarrow dv = di * \cos(z) \quad (4)$$

As equações acima mostram a relação entre as distâncias medidas: vertical (dv), horizontal (dr), inclinada (di) e os ângulos zenital (z) e de inclinação (α), ou seja, no nivelamento trigonométrico trabalha-se com as relações trigonométricas simples do triângulo retângulo.

Na prática o nivelamento trigonométrico procede-se conforme Figura 02.

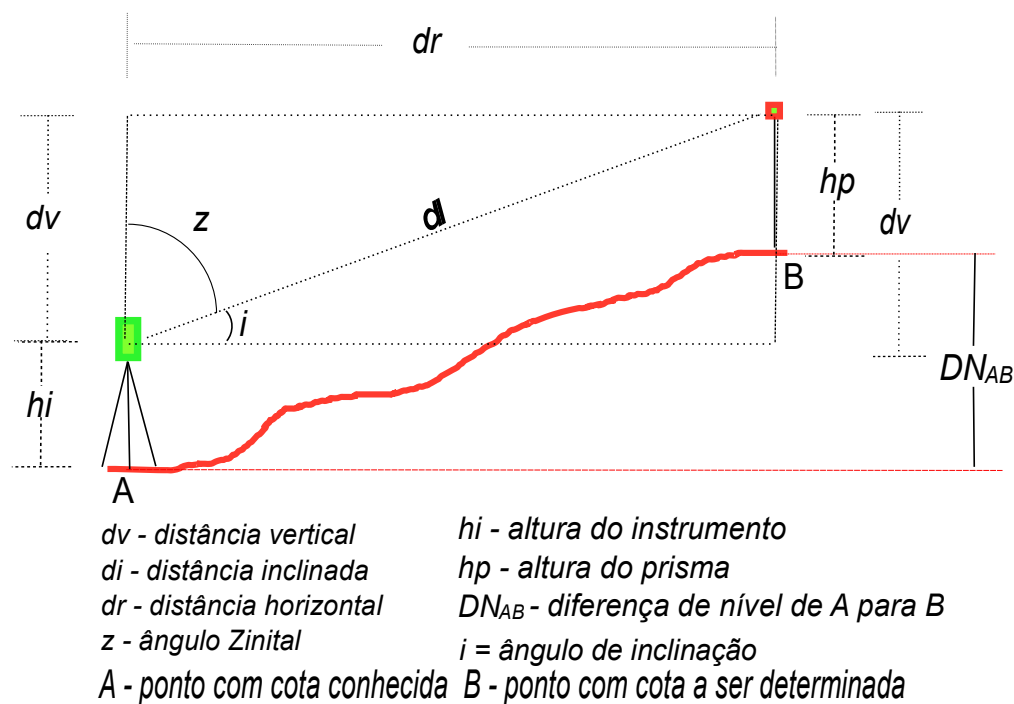


Figura 02 – Nivelamento Trigonométrico

Matematicamente:

$$DN_{AB} + hp = hi + dv \rightarrow DN_{AB} = dv + hi - hp \quad (5)$$

Assim, para se obter a diferença de nível entre dois pontos com nivelamento trigonométrico basta substituir *dv* pelas equações (1), (2), (3) e (4) na equação (5).

No caso de nivelamentos de lances longos há a necessidade de se corrigir a curvatura da Terra e refração, assunto que será discutido posteriormente.

$$DN_{AB} = dv + hi - hp + C \quad (6)$$

onde *C* é a correção da curvatura da Terra e refração.

Caso o ponto A tenha uma cota e se deseja determinar a cota do ponto B (C_B), basta somar na cota de A (C_A) a diferença de nível de A para B.

$$C_B = C_A + DN_{AB} \quad (7)$$

Tabela de nivelamento trigonométrico.

A Figura 03 que segue exemplifica o modelo de uma caderneta de nivelamento trigonométrico realizado com estação total.

Caderneta de Campo – Nivelamento Trigonométrico – Estação Total										SIGLAS
Local					Instrumento					DV – Distância Vertical
Operador					Data					DN- Diferença de Nível
Empresa					Folha					DI -Distância Inclínada
Para distância Horizontal – $DN = DH.\cotag(z) + AI - AP$										DH -Distância Horizontal
Para distância inclinada – $DN = DI.\cos(z) + AI - AP$										AP – Altura do Prisma
Lances longos considerar erro $e = (0,421 \cdot D^2)/R$, sendo $R= 6371$ KM										AI- Altura Instrumento
Estação	Estacas	Ângulo Zenital	DI	DH	AP	AI	DV	DN	COTA	Observações

Figura 03- Caderneta de nivelamento trigonométrico

Exercícios

Exercício em sala de aula

1) Um topógrafo realizou um nivelamento trigonométrico de acordo com a Figura 04. Assim, com os dados apresentados na figura preencha a caderneta de determine as cotas.

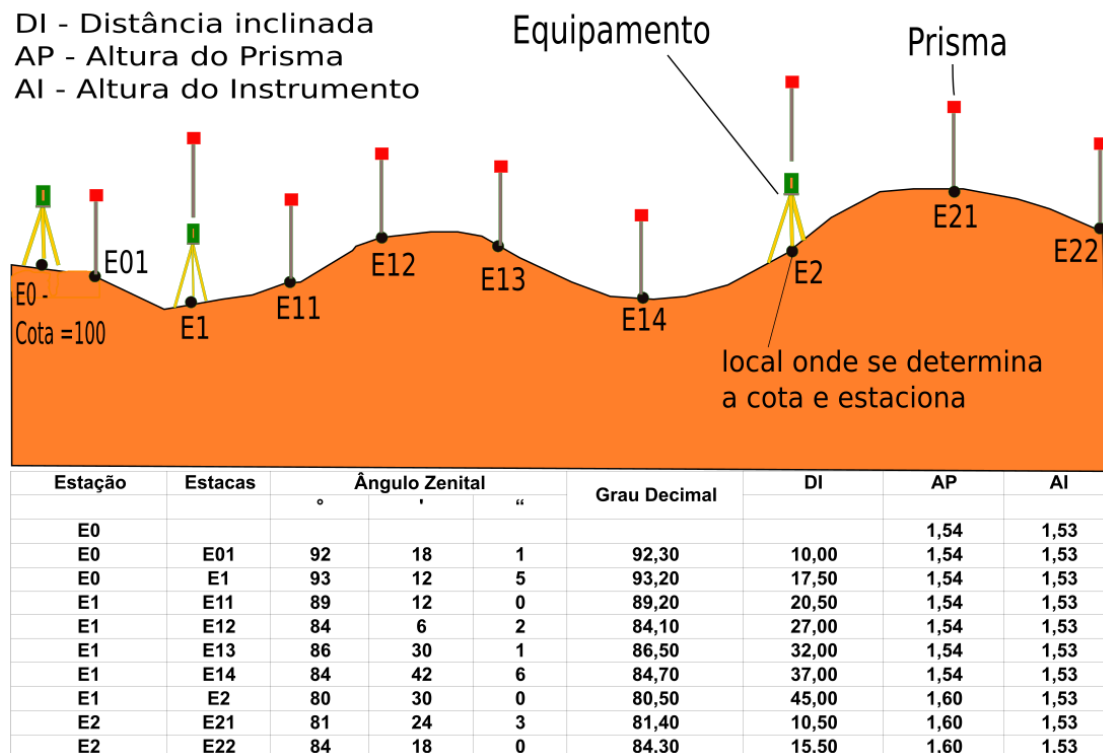
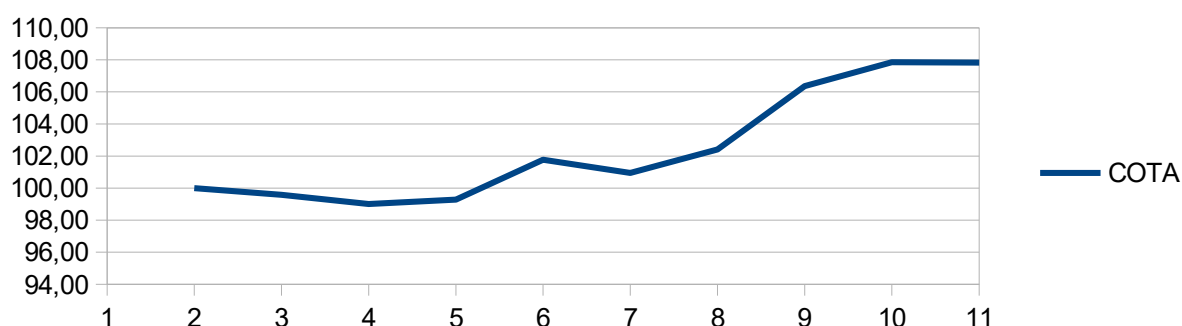


Figura 04 – Dados nivelamento trigonométrico

Resposta

Caderneta de Campo – Nivelamento Trigonométrico – Estação Total											
Estação	Estacas	Ângulo Zenital			Grau Decimal	DI	AP	AI	DV	DN	COTA
		°	'	''							
E0							1,54	1,53			100,00
E0	E01	92	18	1	92,30	10,00	1,54	1,53	-0,40	-0,42	99,58
E0	E1	93	12	5	93,20	17,50	1,54	1,53	-0,98	-0,99	99,01
E1	E11	89	12	0	89,20	20,50	1,54	1,53	0,29	0,27	99,28
E1	E12	84	6	2	84,10	27,00	1,54	1,53	2,78	2,76	101,77
E1	E13	86	30	1	86,50	32,00	1,54	1,53	1,95	1,94	100,95
E1	E14	84	42	6	84,70	37,00	1,54	1,53	3,42	3,40	102,41
E1	E2	80	30	0	80,50	45,00	1,60	1,53	7,43	7,35	106,36
E2	E21	81	24	3	81,40	10,50	1,60	1,53	1,57	1,49	107,85
F2	F22	84	18	0	84,30	15,50	1,60	1,53	1,54	1,46	107,82



2) Em alguns casos pode-se utilizar clinômetros em nivelamentos trigonométricos, que são equipamentos que medem inclinação em relação a um plano horizontal. A Figura 05 mostra um modelo de clinômetro.



Figura 05 – Modelo de Clinômetro.

(Fonte: VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L, 2014)

De acordo com COMASTRI & TULER, 1999 os dados de nivelamento com clinômetro podem ser anotados em forma de fração ordinária precedida do sinal (+) ou (-), de acordo com o ponto de visada, sendo o numerador o ângulo e no denominador a distância. Este tipo de nivelamento pode não ser preciso, sendo aplicado apenas em algumas situações.

A Figura 06 ilustra um levantamento realizado com clinômetro, cujas cotas dos pontos B, C e D serão determinadas neste exercício.

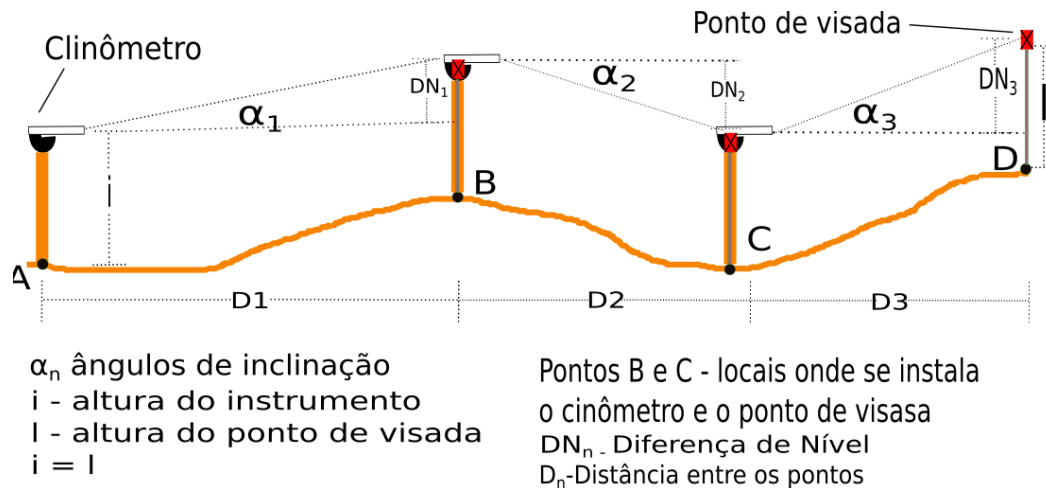


Figura 06 – Nivelamento trigonométrico por clinômetro.

A partir dos conceitos apresentados, determinar as cotas com os dados que seguem (COMASTRI & TULER, 1999).

Estacas	Estacas
Leituras	
α/D	
AB(15°/35m)	A
BC(-10°/15 m)	B
CD(11°/20m)	C
	D

O Ponto A possui cota de 10 metros e a altura do equipamento e do ponto de visada equivalem a 1 metro.

Solução

Matematicamente as cotas dos pontos B, C e D são determinadas por:

$$C_n = C_{(n-1)} + i - l + DN_{(n \rightarrow n+1)} \quad (8)$$

$$DN_{(n \rightarrow n+1)} = D_n * \tan(\alpha) \quad (9)$$

$$n = A, B, C, D \dots$$

onde, C_n é a cota do ponto desejado, C_{n-1} é a cota do ponto anterior, i é a altura do instrumento, l é a altura do ponto de visada, $DN_{n \rightarrow n+1}$ é a diferença de nível entre dois pontos e $D_{n \rightarrow n+1}$ é a distância entre os pontos.

Resposta

Estacas	Estacas	Diferença de Nível		Cotas	Diferença de nível	i (m)	l (m)
Leituras		(+)	(-)				
α/D							
AB(15°/35m)	A	9,38		10,00	—	1	1
BC(-10°/15 m)	B		-2,64	19,38	-9,38	1	1
CD(11°/20m)	C	3,89		16,73	6,73	1	1
	D			20,62	-10,62		

3) Um topógrafo precisou de determinar a cota de um ponto para uma estação de tratamento de esgoto em relação ao *Datum* Altimétrico Brasileiro. Assim buscou-se a RN mais próxima do local, onde foi localizada a RN do IBGE 2049M, localizada no município de Pontal do Paraná-PR. A distância entre o ponto de interesse e a RN é de 80 metros e para chegar a este ponto foi realizado um nivelamento trigonométrico com estação total com dois lances, conforme dados abaixo:

Assim temos:

- A RN 2049M - cuja altitude deve ser obtida no banco de dados do IBGE;
- Ponto B - ponto intermediário para se chegar ao ponto de interesse;
- Ponto C – ponto de interesse.

Dados:

	RN para o ponto B	Do ponto B para o ponto C
Altura do instrumento (i)	1, 50 m	1, 50 m
Distância reduzida (Dh)	50.03 m	30.07 m
Ângulo de inclinação (α)	15°00'05"	-10°01'12"
Altura do prisma (l)	1,50 m	1,50 m

Solução

O primeiro passo é encontrar a altitude do da RN 2049M no banco de dados do IBGE: <http://www.bdg.ibge.gov.br/bdg/pdf/relatorio.asp?L1=2049M> neste link podemos encontrar o relatório da RN e sua cota de 4,8328 m (altitude normal)

Cálculos

Cota do ponto B.

$$C_B = C_{RN\ 2049\ M} + i - l + Dh * tg(\alpha_{RN}) \quad \text{como } i = 1, \text{ temos}$$

$$C_B = C_{RN\ 2049\ M} + Dh * tg(\alpha_{RN})$$

$$C_B = 4,8328 + 50.03 * tg(15^\circ 00' 05'')$$

$$C_B = 4.8328 + 13.4067 = 18.2395\ m$$

Cota do ponto C.

$$C_C = C_B + i - l + Dh * tg(\alpha_B) \quad \text{como } i = l, \text{ temos}$$

$$C_C = C_B + Dh * tg(\alpha_B)$$

$$C_C = 18.2395 + 30.07 * tg(-10^\circ 01' 12'')$$

$$C_C = 18.2395 + (-5.31) = 12.9266 \text{ m}$$

Assim a cota do ponto de interesse em relação ao *Datum* Altimétrico Brasileiro é de 12.9266 m. Devemos ressaltar que não houve correções no transporte da altitude normal.

4 – BIBLIOGRAFIA

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Execução de levantamento topográfico, NBR 13133 Rio de Janeiro, 1994.

COMASTRI, J.A. & TULER, J.C.; Topografia: altimetria, 3. ed. Viçosa; Impr. Univ. UFV, 1999. 200 p.

MCCORMAC, J. TOPOGRAFIA. 5ª. EDIÇÃO. EDITORA LTC. RIO DE JANEIRO, 2010.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. Universidade Federal do Paraná. UFPR. 2012.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia – Material de Apoio para a disciplina de Topografia II do Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da UFPR: altimetria, locação e levantamento planialtimétrico. Universidade Federal do Paraná. UFPR, 2014

	TOPOGRAFIA II			
	Aula teórica 05: Altura de ponto inacessível			
	Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes			

ALTURA DE PONTO INACESSÍVEL

Conteúdo em vídeo

Parte 1 - <https://www.youtube.com/watch?v=nTYplB7jGTw>

Parte 2 - <https://www.youtube.com/watch?v=qIJZisNXblk&feature=youtu.be>

Em algumas situações é necessário obter a altura de pontos onde não se consegue ter acesso por causa de obstruções ou outras situações. Nestes casos pode-se aplicar técnicas de topografia que serão vistas a seguir.

Existem dois casos:

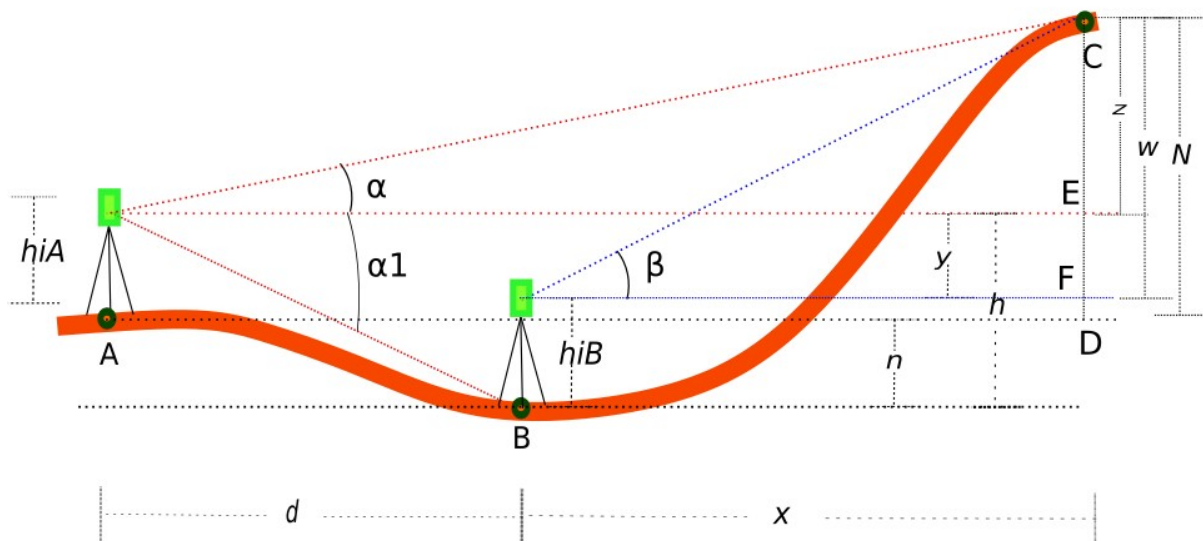
1. Utilizando pontos alinhados;
2. Por triangulação.

Determinação de pontos inacessíveis por pontos alinhados

A Figura 01 mostra as variáveis a serem medidas para a determinação da altura do ponto inacessível. Neste método os pontos A, B e C devem estar alinhados.

Em campo deve-se proceder da seguinte forma:

1. Instalar o equipamento no ponto A;
2. Alinhar o ponto B com o Ponto C, com o equipamento instalado no ponto A;
3. Ainda no ponto A, medir a altura do equipamento no ponto A (hiA) e medir os ângulos (α , e αI);
4. Instalar o equipamento no ponto B; medir altura (hiB) e o ângulo β ;
5. Medir a distância horizontal entre A e B.



hiA - Altura do equipamento em A

hiB - Altura do equipamento em B

d - distância horizontal entre o ponto A e B

x - distância horizontal entre o ponto B e o ponto C (inacessível)

n - distância vertical entre o ponto A e o ponto B

y - distância vertical entre o plano horizontal da luneta no ponto A e o plano horizontal da luneta no ponto B

h - distância vertical entre o plano horizontal da luneta no ponto A e o ponto B

N - distância vertical entre o ponto A e o ponto C

α - ângulo de inclinação entre A e C

$\alpha 1$ - ângulo de inclinação entre A e B

β - ângulo de inclinação entre B e C

z - distância vertical entre o ponto E e o ponto C

w - distância vertical entre o ponto F e o ponto C

Figura 01 – Altura de pontos inacessíveis com pontos alinhados

(Fonte: Adaptada de ESPARTEL & LÜDERITZ, 1970)

Equações

Conforme Figura 01 podemos estabelecer as seguintes relações:

$$N = hiA + z \quad (1)$$

$$y = h - hiB \quad (2)$$

$$tg \alpha 1 = \frac{h}{d} \rightarrow h = tg \alpha 1 * d \quad (3)$$

$$y = tg \alpha 1 * d - hiB \quad (4)$$

$$w = z + y \quad (5)$$

$$tg \beta = \frac{w}{x} \rightarrow x = \frac{w}{tg \beta}, \text{ mas } w = z + y \text{ então}$$

$$x = \frac{z+y}{tg \beta} \rightarrow x = (z+y) * cotg \beta \quad (6)$$

$$tg \alpha = \frac{z}{d+x} \rightarrow d * tg \alpha + x * tg \alpha = z \rightarrow x * tg \alpha = z - d * tg \alpha \rightarrow$$

$$x = \frac{z}{tg \alpha} - \frac{d * tg \alpha}{tg \alpha} \rightarrow x = z * cotg(\alpha) - d \quad (7)$$

Como temos duas equações para x podemos igualar as equações (6) com (7):

$$(z+y) * cotg \beta = z * cotg(\alpha) - d \rightarrow z * cotg \beta + y * cotg \beta = z * cotg(\alpha) - d$$

$$\rightarrow z * cotg \beta - z * cotg(\alpha) = -y * cotg \beta - d \rightarrow$$

$$z = \frac{((-y * cotg \beta) - d)}{(cotg \beta - cotg \alpha)} \rightarrow$$

$$z = \frac{((y * cotg \beta) + d)}{(cotg \alpha - cotg \beta)} \quad (8)$$

mas $N = hiA + z$ então

$$N = hiA + \frac{((y * cotg \beta) + d)}{(cotg \alpha - cotg \beta)} \quad (9)$$

mas $y = tg \alpha * d - hiB$, então:

$$N = hiA + \frac{(((tg \alpha * d - hiB) * cotg \beta) + d)}{(cotg \alpha - cotg \beta)} \quad (10)$$

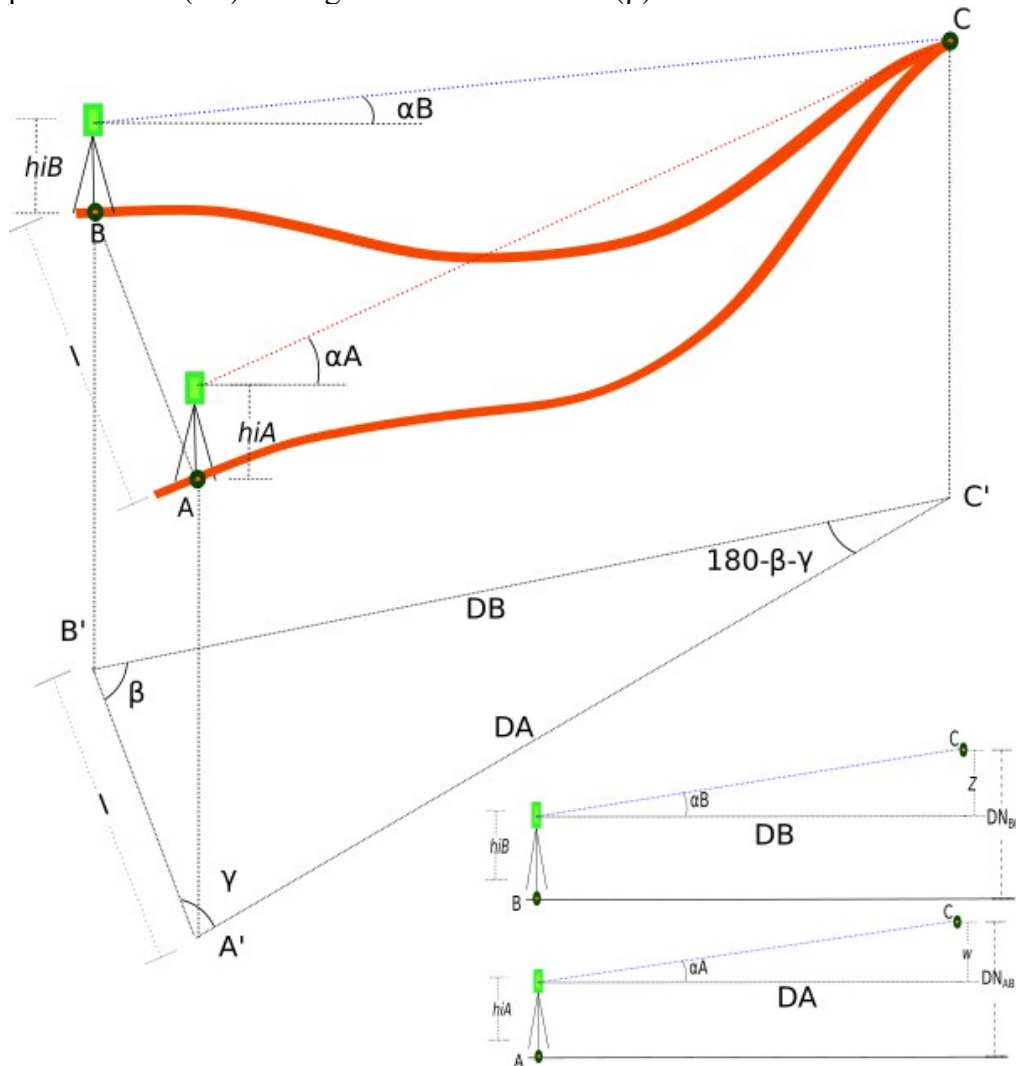
Lembrando que N é a diferença de nível entre o ponto A e ponto C

Determinação da altura de pontos inacessíveis por triangulação.

A Figura 02 ilustra as variáveis envolvidas na determinação de pontos inacessíveis por triangulação.

Em campo procede-se da seguinte forma:

1. Estaquear dois pontos (A e B) não alinhados;
2. Medir a distância horizontal entre A e B;
3. Estacionar o equipamento no ponto A e medir os ângulos de inclinação entre os pontos A e C (α_A) e o ângulo horizontal BÂC (γ);
4. Estacionar o equipamento no ponto B e medir os ângulos de inclinação entre os pontos B e C (α_B) e o ângulo horizontal A^BC (β).



α_A - ângulo de inclinação do ponto A para o ponto C
 α_B - ângulo de inclinação do ponto B para o ponto C
 hi_A - altura do equipamento no ponto A
 hi_B - altura do equipamento no ponto B
 l - distância horizontal entre o ponto A e o ponto B
 DB - distância horizontal entre o ponto B e o ponto C
 DA - distância horizontal entre o ponto A e o ponto C
 β - ângulo horizontal entre o ponto A e o ponto C, com equipamento instalado no ponto B
 γ - ângulo horizontal entre o ponto B e o ponto C, com o equipamento instalado no ponto A
 DN_{AB} - Diferença de nível entre o ponto A e o ponto C
 DN_{BC} - Diferença de nível entre o ponto B e o ponto C
 z - distância na vertical entre o plano horizontal da luneta no ponto B e o ponto C
 w - distância na vertical entre o plano horizontal da luneta no ponto A e o ponto C

Figura 02 – Determinação de altura de pontos inacessíveis por triangulação

Equações

Conforme Figura 02 podemos estabelecer as seguintes relações:

$$DN_{BC} = hiB + z \quad (11)$$

$$tg(\alpha B) = \frac{z}{DB} \rightarrow z = DB * tg(\alpha B) \rightarrow$$

$$DN_{BC} = hiB + DB * tg(\alpha B) \quad (12)$$

$$DN_{AC} = hiA + w \quad (13)$$

$$tg(\alpha A) = \frac{w}{DA} \rightarrow w = DA * tg(\alpha A) \rightarrow$$

$$DN_{AC} = hiA + DA * tg(\alpha A) \quad (14)$$

Pela lei dos senos temos:

$$\frac{l}{\sin(180^\circ - \beta - \gamma)} = \frac{DA}{\sin(\beta)} = \frac{DB}{\sin(\gamma)} \quad (15)$$

Da equação (15) temos :

$$DA = \frac{l * \sin(\beta)}{\sin(180^\circ - \beta - \gamma)} \rightarrow DA = \frac{l * \sin(\beta)}{\sin(\beta + \gamma)} \quad (16)$$

De forma similar temos:

$$DB = \frac{l * \sin(\gamma)}{\sin(180^\circ - \beta - \gamma)} \rightarrow DB = \frac{l * \sin(\gamma)}{\sin(\beta + \gamma)} \quad (17)$$

Assim, podemos determinar o desnível do ponto A para o ponto C substituindo a equação (16) na equação (14):

$$DN_{AC} = \left(\frac{l * \sin(\beta)}{\sin(\beta + \gamma)} \right) * (tg(\alpha A)) + hiA \quad (18)$$

Para determinar o desnível do ponto B para o ponto C basta substituir a equação (17) na equação (12) :

$$DN_{BC} = \left(\frac{l * \sin(\gamma)}{\sin(\beta + \gamma)} \right) * (tg(\alpha B)) + hiB \quad (19)$$

Exercícios

1) Realizar um procedimento de campo e determinar a altura de um ponto inacessível utilizando os dois métodos apresentados

4 – BIBLIOGRAFIA

ESPARTEL, L.; LÜDERITZ, J. Caderneta de Campo. 3º Edição. Editora Globo S.A. Porto Alegre. 1970.

	TOPOGRAFIA II	
	Aula teórica 06: Levantamento planialtimétrico	
	Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes	

LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO

Conteúdo em vídeo

Parte 1- <https://youtu.be/UlRMS1KyUh0>

Parte 2- <https://www.youtube.com/watch?v=XtnuLpwMupc&feature=youtu.be>

Definição

Segundo a NBR 13133 define-se nivelamento planialtimétrico:

“ Levantamento topográfico planimétrico acrescido da determinação altimétrica do relevo do terreno e da drenagem natural. ”

Conforme verificado na definição da NBR 13133, no levantamento planialtimétrico cada ponto medido possui as coordenadas horizontais (X,Y) obtidas no levantamento planimétrico e a altura ou altitude (Z) obtida pelo levantamento altimétrico, ou seja, o levantamento planimétrico e altimétrico são simultâneos resultando no levantamento planialtimétrico.

Estes levantamentos são muito aplicados na engenharia e praticamente é requisito para obras na área de construção civil.

Classe dos levantamentos planialtimétricos.

A NBR 13133 define as classes dos levantamentos planimétricos conforme Tabela 01 que segue:

Tabela 01 – Indicação da classe do levantamento planialtimétrico de acordo na NBR13133

Tabela de classificação - NBR13133	Página
Levantamento planialtimétrico	13
Levantamento planialtimétrico (continuação)	14
Levantamento planialtimétrico cadastral	15
Levantamento planimétrico – poligonais	16

Os procedimentos de campo nos levantamentos planialtimétricos obedecem aos mesmos critérios dos levantamentos planimétricos com a leitura dos dados adicionais: 1) ângulo zenital ou de inclinação; 2) altura do equipamento e 3) altura do prisma (ou fio médio no caso de teodolito).

Para que possamos mostrar todas as equações envolvidas no levantamento planialtimétrico será revisado algumas equações do levantamento planimétrico.

Equações

Azimuthes

Ângulo no sentido horário

$$Az_i = AZ_{(i-1)} + \alpha_i - 180^\circ \quad (1)$$

Ângulo no sentido anti-horário

$$Az_i = AZ_{(i-1)} - \alpha_i + 180^\circ \quad (2)$$

Distância reduzida – taqueometria.

As equações que seguem são utilizadas para determinação da Distância Reduzida (DR) com taqueômetros, visada inclinada.

$$DR = m * g * \cos^2(i) \quad \text{ou} \quad DR = m * g * \sin^2(z) \quad (3)$$

$$m = FS - FI \quad (4)$$

onde, m é o número gerador da mira que é a diferença de leituras dadas pelo fio superior e inferior, FS é leitura do fio superior da régua, FI é leitura do fio inferior da régua, g é a constante estadimétrica do equipamento, i é o ângulo de inclinação e z é o ângulo zenital.

A dedução da equação (3) é mostrado em COMASTRI (1986), páginas 134 e 135.

Distância reduzida – estação total

Com estações totais a distância reduzida é determinada eletronicamente.

Coordenadas.

As coordenadas planimétricas são obtidas por:

$$X_i = X_{(i-1)} + DR_{(i-1)} * \sin(Az_{(i-1)}) \quad (5)$$

$$Y_i = Y_{(i-1)} + DR_{(i-1)} * \cos(Az_{(i-1)}) \quad (6)$$

Erro de fechamento linear

O erro de fechamento de poligonais (ep) fechadas é dado por:

$$ep = \sqrt{(ex^2 + ey^2)} \quad (7)$$

onde:

$$ex = \sum \Delta x \quad ey = \sum \Delta y \quad \Delta x_i = DR_{(i-1)} * \sin(Az_{(i-1)}) \quad \Delta y_i = DR_{(i-1)} * \cos(Az_{(i-1)})$$

A tolerância de fechamento da poligonal (tfp) geralmente adotada é de 1:1000, ou seja, 1 metro para uma poligonal de 1000 metros, embora dependendo da aplicação exige-se outras tolerâncias. Este valor deve ser comparado com o determinado pela equação (8):

$$tfp = \frac{ep}{\sum DR} \quad (8)$$

Correção do erro de fechamento linear

Após verificada a tolerância de fechamento da poligonal, o erro de fechamento deve ser corrigido. Uma técnica é distribuir de forma ponderada.

Em X:

$$Cex_i = \frac{-ex * DR_{(i-1)}}{\sum DR} \quad (9)$$

Em Y:

$$Cey_i = \frac{-ey * DR_{(i-1)}}{\sum DR} \quad (10)$$

Coordenadas corrigidas

Passa se obter as coordenadas corrigidas adota-se as equações:

$$X_i = X_{(i-1)} + DR_{(i-1)} * \text{sen}(Az_{(i-1)}) + Cex_i \quad (11)$$

$$Y_i = Y_{(i-1)} + DR_{(i-1)} * \cos(Az_{(i-1)}) + Cey_i \quad (12)$$

Erro de fechamento angular de poligonal fechada

O erro de fechamento angular (ea) é:

$$ea = \sum i_{(internos)} - ((n-2) * 180^\circ) \quad (13)$$

Tolerância do erro de fechamento angular (tea):

$$tea = p * \sqrt{n}$$

onde p é a precisão do equipamento e n o número de vértices da poligonal

Determinação de cotas – estadimetria

A Figura 01 mostra as variáveis envolvidas na determinação das cotas com estadimetria.

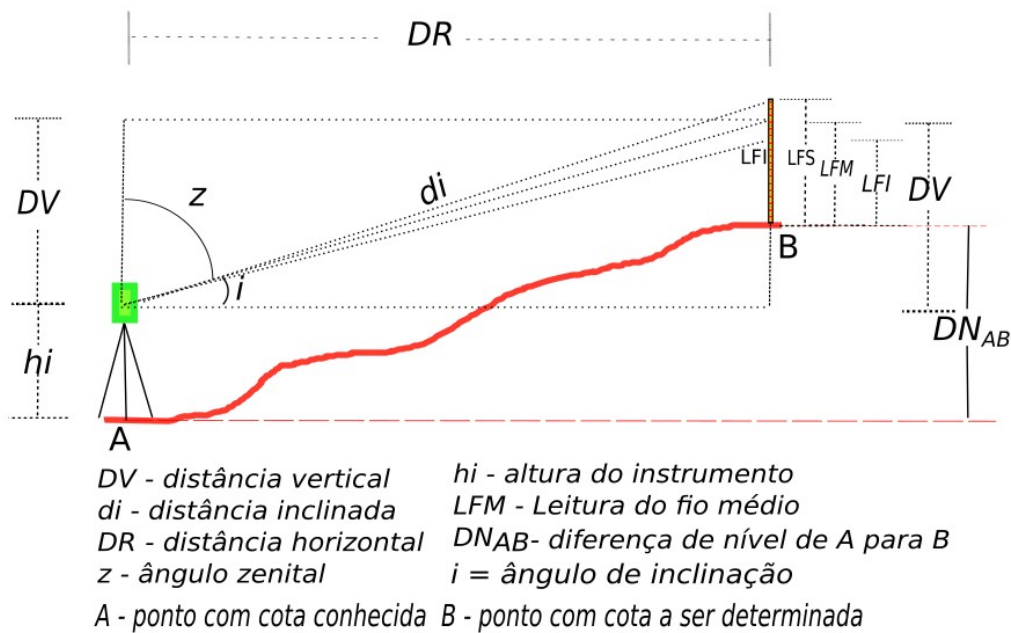


Figura 01 – Determinação de cotas por métodos estadimétricos.

Na Figura 01 podemos observar as seguintes relações:

$$tg(i) = \frac{DV}{DR} \rightarrow DV = DR * tg(i) \quad (14)$$

Assim devemos substituir a equação (3), que relaciona DR com o ângulo de inclinação, na equação (14), ou seja:

$$DV = (m * g * \cos^2(i)) * \left(\frac{\sin(i)}{\cos(i)}\right) \rightarrow DV = (m * g * \cos^2(i)) * \left(\frac{\sin(i)}{\cos(i)}\right)$$

$$\rightarrow DV = (m * g * \cos(i)) * (\sin(i)) \text{ mas } \sin(i) * \cos(i) = \left(\frac{1}{2}\right) * (\sin(2i))$$

Assim

$$DV = m * g * \left(\frac{1}{2}\right) * (\sin(2i)) \quad (15)$$

Também se chega na equação (15) se utilizarmos o ângulo zenital ou a distância inclinada. Esta relação pode ser facilmente demonstrada pelo leitor.

Para obtermos a diferença de nível entre dois pontos:

$$DN_{AB} = m * g * \left(\frac{1}{2}\right) * (\sin(2i)) + hi - LFM \quad (16)$$

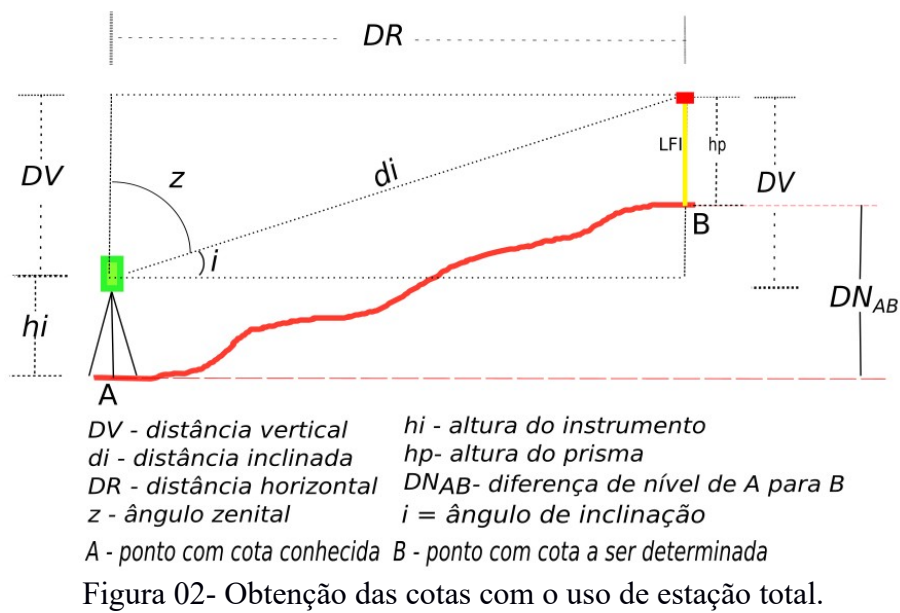
onde LFM é a leitura do fio médio

A cota do ponto B é facilmente determinada:

$$C_B = C_A + DN_{AB} \quad (17)$$

Determinação de cotas – estação total

No caso do uso de estação total apenas as leituras na régua topográfica não é necessário, pois a visada é realizada com o prisma, conforme Figura 02.



As equações são as mesmas usadas no nivelamento trigonométrico visto anteriormente, com as relações para DV :

$$tg(i) = \frac{DV}{DR} \rightarrow DV = DR * tg(i) \quad (18)$$

$$sen(i) = \frac{DV}{di} \rightarrow DV = di * sen(i) \quad (19)$$

$$tg(z) = \frac{DR}{DV} \rightarrow dv = \frac{DR}{tg(z)} \rightarrow DV = DR * cotg(z) \quad (20)$$

$$cos(z) = \frac{DV}{di} \rightarrow DV = di * cos(z) \quad (21)$$

E por fim a determinação da diferença de nível (DN_{AB})

$$DN_{AB} + hp = hi + DV \rightarrow DN_{AB} = DV + hi - hp + C \quad (22)$$

e a cota

$$C_B = C_A + DB_{AB} \quad (23)$$

Erro Altimétrico da poligonal

Em uma poligonal fechada podemos determinar o erro altimétrico (*eap*) conforme equação abaixo:

$$eap = \sum DN_i \quad (24)$$

onde DN_i são as diferenças de nível.

A tolerância do erro altimétrico da poligonal fechada (*ta*) adotada para fins didáticos é dada por:

$$ta = \frac{\text{perímetro}}{500 * \sqrt{n-1}} \quad (25)$$

onde n o número de vértices

A correção para o erro altimétrico da poligonal (*ceap*) pode ser feito de forma ponderada:

$$ceap = \left(\frac{-eap}{\text{perímetro}} \right) * DR_i \quad (26)$$

onde DR_i é a distância entre os pontos.

As correções de fechamento linear, angular e altimétrico são realizados em poligonais fechadas ou apoiadas em pontos de controle. Nas poligonais abertas sem ser apoiadas não é possível realizar correções, daí a desvantagens de se trabalhar com poligonais abertas.

As irradiações são determinadas com pontos de poligonais corrigidos.

Procedimentos de campo

No levantamento planialtimétrico adotamos o mesmo critério e procedimentos do levantamento planimétrico, mas devemos acrescentar as medidas de altura do instrumento, altura do prisma ou leitura do fio médio e o ângulo vertical (inclinação ou vertical).

Em resumo procede-se da seguinte forma:

1. Verificar todos os cuidados de segurança para o operador e para o equipamento;
2. Estacionar o equipamento em um ponto. Caso o primeiro ponto não tiver coordenadas conhecidas, deve-se arbitrar as coordenadas iniciais para X, Y e Z;
3. No primeiro ponto realizar a leitura do azimute, que por definição, o norte é a referência dos ângulos horizontais medidos (para ré vante e irradiações). Também devem ser medidas as distâncias, ângulos verticais, altura do prisma ou fio médio e altura do equipamento para pontos de poligonal e irradiações.
4. Na mudança do equipamento para o ponto posterior deve-se zerar o ângulo horizontal na ré e repetir as medidas de todas as variáveis (distâncias, ângulos horizontais e verticais, altura do prisma ou fio médio e altura do equipamento) para pontos de poligonal e irradiações. Lembrando que o azimute é lido apenas no primeiro ponto, nos demais pontos o mesmo é calculado em função do ângulo horizontal.

Na ausência de bússola ou outro meio para referenciar o levantamento no norte, deve-se adotar outro procedimento para orientação.

Na aula prática serão realizados todos os procedimentos.

Exercício para fixação de conceitos

1) Sendo o levantamento da poligonal com os dados da tabela abaixo, calcule as coordenadas e cotas corrigidas das estacas F,G,H,A,B,C,D e E. Os ângulos horizontais foram medidos no sentido horário e os ângulos verticais são zenitais. Apresente os dados em uma tabela.

LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO											
caderneta de campo											
Imóvel					Instrumento						
Operador					Data						
Local					Folha						
Azimute inicial: 124°											
Ré	Estaca	Vante	Azimute			FIOS					
		Irrad.	Ângulo Horário	Lido	Calculado	Inferior	Médio	Superior	Alt. Instr.	ângulo Vertical	Observação
E	F	G	109°30'20"	124°		0,4	0,725	1,05	1,54	92°30'00"	
F	G	H	181°38'15"			0,1	0,3	0,495	1,52	90°55'50"	
G	H	A	95°53'40"			0,33	1,025	2	1,54	90°06'30"	
H	A	B	86°56'45"			0,4	0,909	1,406	1,51	88°55'10"	
A	B	C	199°39'15"			0,3	0,74	1,18	1,47	92°18'50"	
B	C	D	44°48'10"			0,6	1,169	1,731	1,51	88°34'35"	
C	D	E	201°27'50"			0,5	0,814	1,128	1,54	90°03'40"	
D	E	F	160°09'20"			0,287	0,57	0,712	1,51	94°48'40"	

Resposta

				Distancia	Dif. Nível								
Estaca	Pt Visado	Azimuthes	Altura inst.	Reduzida	não cor.	Corrigida	Cotas	ΔX	Cex	Δy	Cey	XC	YC
F	G	124	1,54	64,88	-2,02	-1,98	1.000,00	53,78		-36,28		1.000,00	1.000,00
G	H	125,64583333	1,52	39,49	0,58	0,60	998,02	32,09	-0,014	-23,01	-0,007	1.053,77	963,71
H	A	41,531944	1,54	167,00	0,20	0,29	998,62	110,73	-0,008	125,01	-0,004	1.085,85	940,70
A	B	308,47777777	1,51	100,56	2,50	2,55	998,91	-78,73	-0,035	62,57	-0,017	1.196,54	1.065,69
B	C	328,1319444	1,47	87,86	-2,82	-2,77	1.001,46	-46,39	-0,021	74,61	-0,011	1.117,80	1.128,25
C	D	192,93472222	1,51	113,03	3,15	3,21	998,69	-25,30	-0,019	-110,16	-0,009	1.071,39	1.202,86
D	E	214,39861111	1,54	62,80	0,66	0,69	1.001,90	-35,48	-0,024	-51,82	-0,012	1.046,07	1.092,69
E	F	194,50194444	1,51	42,20	-2,61	-2,59	1.002,59	-10,57	-0,013	-40,86	-0,007	1.010,58	1.040,86
							1.000,00		-0,009		-0,004	1.000,00	1.000,00
		Soma distâncias		677,82			Erro	0,14	-0,14	0,07	-0,07		

2) Determine as coordenadas das irradiações com os dados da tabela que segue. O ângulo horizontal foi medido no sentido horário e o ângulo vertical é zenital.

Observação: Considerar o azimute da estaca E para a Estaca F como sendo o mesmo o determinado no exercício 1.

LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO – Irradiação											
			Azimute			FIOS					
Ré	Estaca	Vante	Ângulo Horário	Lido	Calculado	Inferior	Médio	Superior	Alt. Instr.	ângulo Vertical	Observação
E	F	G	109°30'20"	124,0081		0,4	0,725	1,05	1,54	92°30'00"	
		F1	5°27'20"			0,1	0,205	0,31		91°51'20"	
		F2	7°59'25"			0,3	0,412	0,525		91°36'30"	
		F3	19°29'25"			0,7	0,8	0,905		91°34'30"	
		F4	34°10'10"			0,4	0,498	0,592		94°05'25"	
		F5	49°25'30"			0,6	0,693	0,795		95°22'50"	
		F6	63°38'20"			0,3	0,416	0,512		96°59'50"	
		F7	75°23'25"			0,4	0,52	0,64		97°35'55"	

Resposta

Estaca	Pt Visado	Azimutes	Altura inst.	Distancia		Dif. Nível		Cotas	ΔX	Cex	Δy	Cey	X	Y
				Reduzida	não cor.	Corrigida								
F	G	124	1,54	64,87633	-2,0175616			1000	53,7849132		-36,278382		1000	1000
	F1	19,95749996	1,54	20,97798	0,6553788			1000,655379	7,16026825		19,7181719		1007,1603	1019,718
	F2	22,492222178	1,54	22,48228	0,4967407			1000,496741	8,60077463		20,7720819		1008,6008	1020,772
	F3	33,99222218	1,54	20,48451	0,1767607			1000,176761	11,452489		16,983986		1011,4525	1016,984
	F4	48,6713888	1,54	19,10232	-0,324013			999,675987	14,3445873		12,6147251		1014,3446	1012,615
	F5	63,9269444	1,54	19,32854	-0,9734669			999,0265331	17,3615575		8,49521754		1017,3616	1008,495
	F6	78,14083329	1,54	20,88538	-1,4393748			998,5606252	20,4395993		4,29208774		1020,4396	1004,292
	F7	89,89222217	1,54	23,58035	-2,1257087			997,8742913	23,5803087		0,04435645		1023,5803	1000,044

Exercício proposto

1) Refazer os exercícios de fixação em sala utilizando calculadoras científicas e planilhas eletrônicas.

4 – BIBLIOGRAFIA

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Execução de levantamento topográfico, NBR 13133 Rio de Janeiro, 1994.

COMASTRI, J.A. Topografia: Planimetria, 1. ed. Viçosa; Impr. Univ. UFV, 1986. 200 p.

Leituras complementares

COMASTRI, J.A. & TULER, J.C.; Topografia: altimetria, 3. ed. Viçosa; Impr. Univ. UFV, 1999. 200 p.

MCCORMAC, J. TOPOGRAFIA. 5ª. EDIÇÃO. EDITORA LTC. RIO DE JANEIRO, 2010.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. Universidade Federal do Paraná. UFPR. 2012.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia – Material de Apoio para a disciplina de Topografia II do Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da UFPR: altimetria, locação e levantamento planialtimétrico. Universidade Federal do Paraná. UFPR, 2014

	TOPOGRAFIA II	
	Aula teórica 07: Introdução à representação do relevo topográfico	
	Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes	

INTRODUÇÃO À REPRESENTAÇÃO DO RELEVO TOPOGRÁFICO

Conteúdo em vídeo

Parte 1 - <https://youtu.be/0Ev1MB6Ezk>

Parte 2 - <https://youtu.be/hYVl3gz21no>

Introdução

A representação do relevo topográfico é fundamental para diversas aplicações. Após a determinação das cotas ou altitudes dos pontos devemos representar o relevo do terreno, cujo método de representação varia em função da aplicação.

Entre as formas de representação as principais são:

1. Desenho de perfil do terreno;
2. Pontos cotados;
3. Curvas de nível;

Há outras formas de se representar o relevo: 1) como tintas hipsométricas, onde são usadas cores que representam intervalos de altitude ou alturas; 2) hachuras e 3) perspectivas. Apesar destes métodos, a utilização de curvas de nível, pontos cotados e perfis de terrenos são os mais usados para aplicações na engenharia.

É importante salientar que qualquer que seja o processo usado deve-se satisfazer às seguintes condições:

1. Realçar de maneira mais expressiva possível as formas do terreno;
2. Proporcionar a obtenção precisa de cotas ou altitudes de um ponto localizado na planta;
3. Expressar declives e permitir a sua determinação.

Também é importante ressaltar que para uma boa representação do terreno deve-se haver um levantamento de campo que proporcione esta representação, ou seja, o número de pontos levantados em campo devem ser suficientes para que a representação seja fidedigna à realidade de campo.

Desenho do perfil

O desenho de perfil é muito aplicado ao estudo de balanceamento de greides e cálculos de movimentação de terras.

A Figura 01 ilustra um exemplo de perfil do terreno oriundo de um nivelamento geométrico com estacas alinhadas e espaçadas em 10 metros. Neste processo de representação é necessário que se conheça as distâncias horizontais entre os pontos topográficos medidos no terreno.

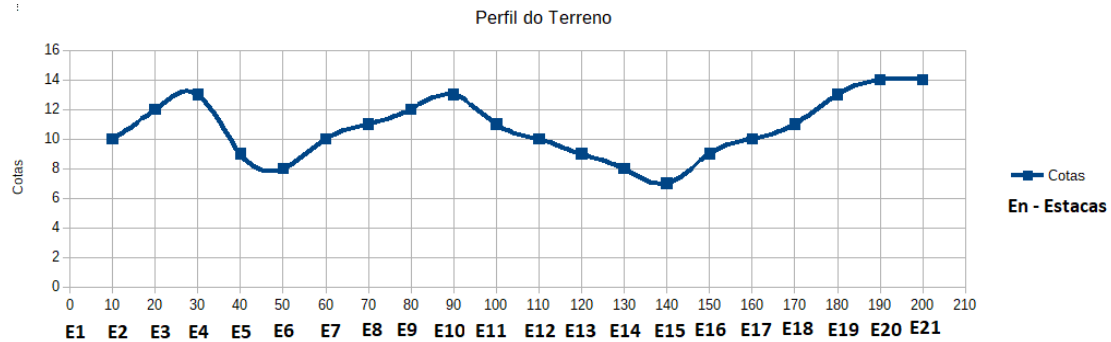


Figura 01 – Perfil de terreno.

Interseção de planos verticais com o terreno.

Quando se tem uma representação do relevo tridimensional podemos representar um perfil do terreno “cortando” esta superfície por planos verticais. Quando um plano horizontal “corta” a representação do relevo definimos uma curva de nível. A Figura 02 mostra um exemplo de interseção planos vertical e horizontal com a representação do relevo de um terreno.

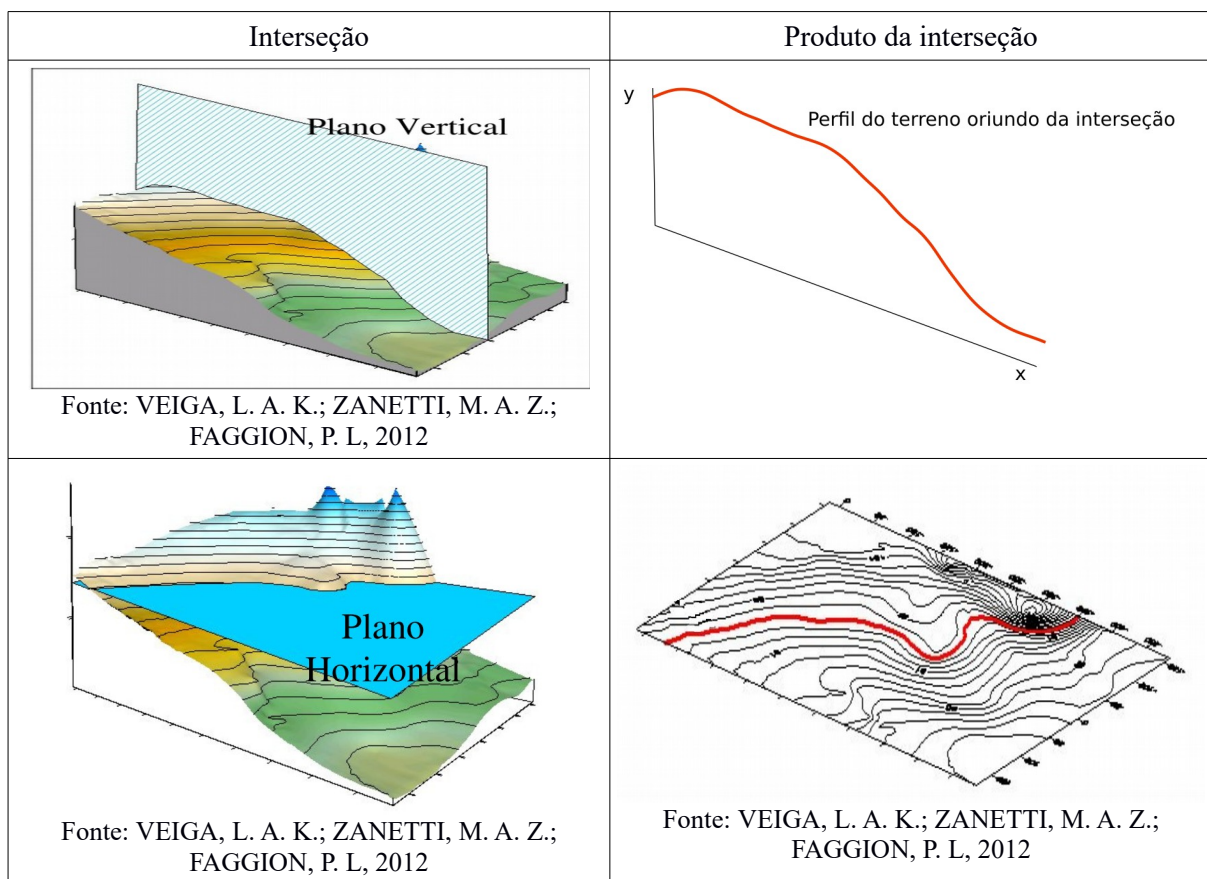


Figura 02- Interseção de um planos com a representação do relevo de um terreno.

Greides

Greide é uma linha gráfica que obedece normas ou se adapta com projetos. Estes greides podem ser horizontais, inclinados (com inclinação constante) ou curvos, dependendo da aplicação.

Entre as aplicações podemos destacar projetos geométrico de estradas, drenagem urbana, entre outros.

A Figura 03 exemplifica um greide plotado com um perfil de terreno, neste caso o terreno é adaptado ao projeto com os cortes e os aterros.

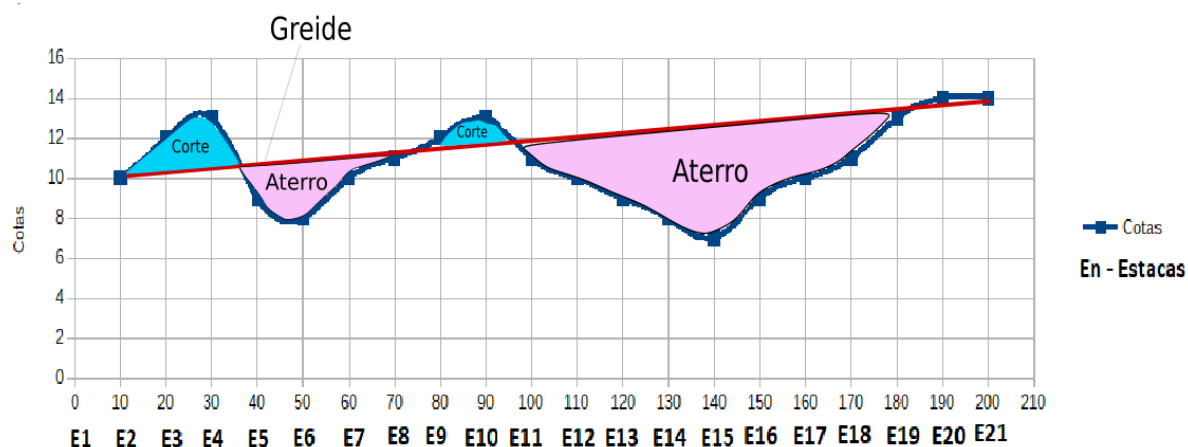


Figura 03 – Perfil de terreno com greide.

Seções transversais e longitudinais

No caso do projeto geométrico de estradas também há a necessidade do nivelamento longitudinal e transversal. O perfil longitudinal é obtido por nivelamento ao longo do eixo do caminhamento, já o perfil transversal é resultado dos dados no nivelamento das seções que atravessam o eixo longitudinal. (Figura 04).

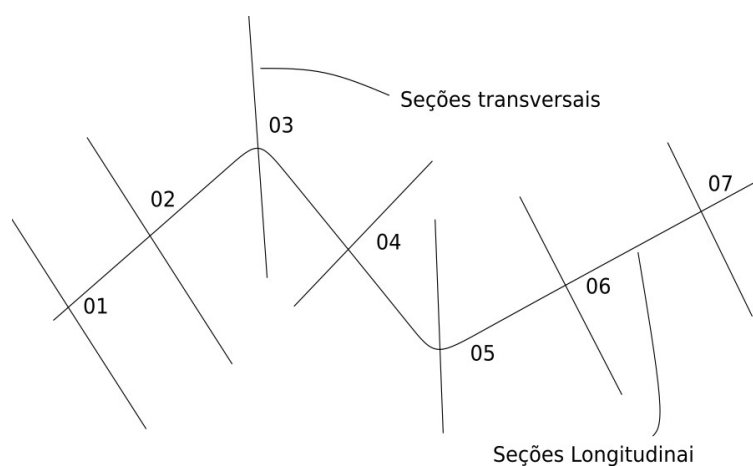


Figura 04 – Seções transversais e longitudinais
(Fonte: Adaptada de COMASTRI & TULER, 1999)

Os cortes das seções transversais são ilustradas na Figura 05. Este procedimento é muito usado em projeto geométrico de estradas.

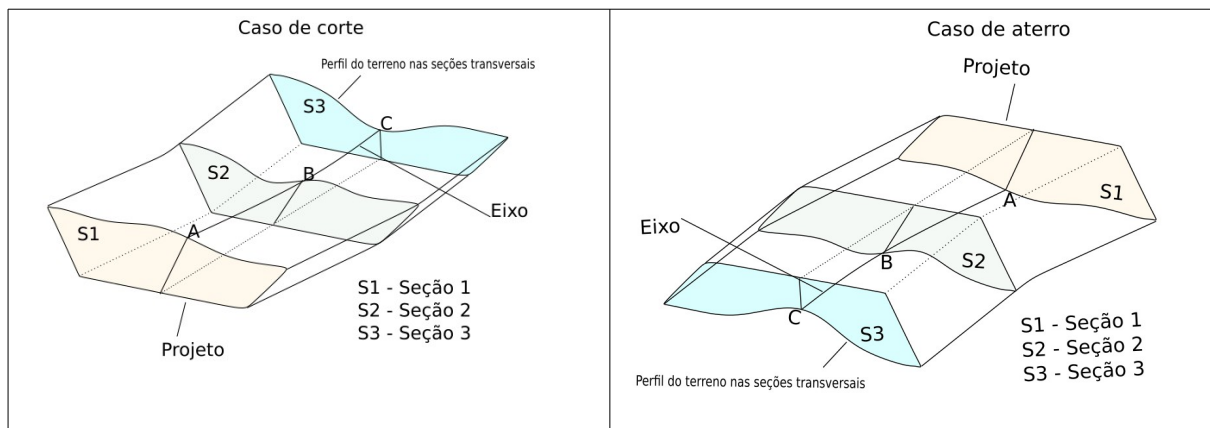


Figura 05 – Vista das seções transversais

Pontos cotados

A representação do relevo por pontos cotados consiste apenas em colocar ao lado dos pontos topográficos representados na planta o número que indica a cota ou altitude dos mesmos. Esta é a forma mais simples de se mostrar as cotas de pontos.

Os pontos cotados não nos dá ideia da forma do terreno como na representação por curvas de nível, entretanto em alguns casos é conveniente apresentar a cota ao lado de pontos estratégicos, como picos de morros, boca de lobos, cruzamento de vias, pontos de controle e outros pontos importantes no projeto. A Figura 06 ilustra uma planta com pontos cotados.

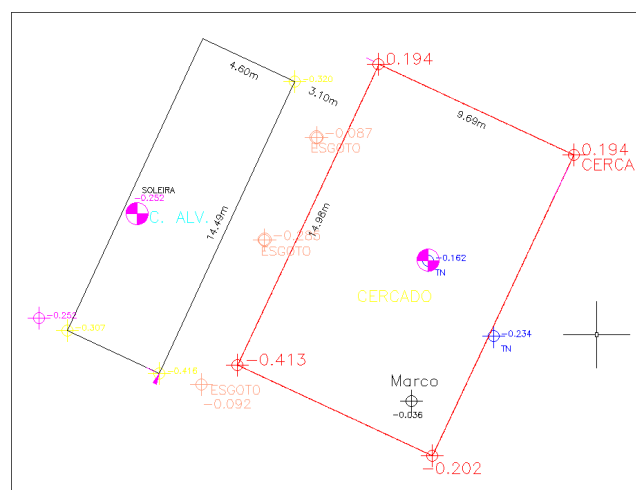


Figura 06 – Representação por pontos cotados.

Curvas de nível

Curvas de nível são amplamente usadas em representação de relevo, este método consiste em determinar o lugar geométrico de todos os pontos com mesma cota, altura ou altitudes. Estas curvas de nível são resultados de planos horizontais equidistantes que interceptam a superfície do terreno, conforme Figura 07.

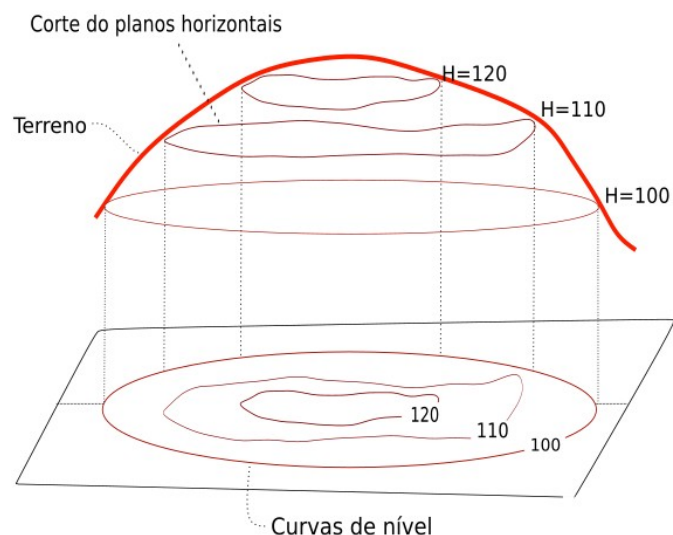


Figura 07 – Curvas de nível.

Equidistância das curvas de nível.

Define-se equidistância das curvas de nível a distância vertical constante entre os planos sucessivos que determinam os pontos de passagem das curvas de nível representadas na planta. Assim, a equidistância representa as distâncias verticais entre curvas de nível sucessivas (COMASTRI & TULER, 1999).

A equidistância depende do rigor com que se pretende representar o relevo do terreno, da escala usada e da precisão do levantamento. A Tabela 01, apresentada em COMASTRI & TULER, 1999, mostra a equidistância sugerida em função da escala do desenho.

Tabela 01- Equidistância em função da escala
(Fonte: COMASTRI & TULER, 1999)

Escala	Equidistância (m)
1:500	0,25 a 0,50
1:1000	1,00
1:2000	2,00
1:5000	5,00
1:10000	10,00
1:50000	20,00
1:100000	50,00

Interpretação das curvas de nível

As curvas de nível devem ser numeradas para que seja possível sua leitura e a identificação de uma depressão ou elevação (Figura 08).

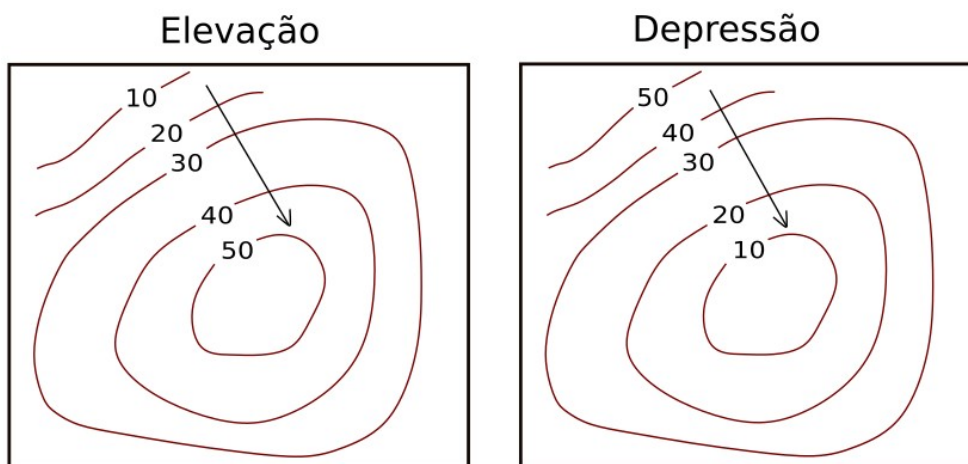


Figura 08 – Interpretação de curvas de nível, elevação e depressão.

Curvas de nível mais afastadas significa que o terreno apresenta topografia suave, já quando as curvas de nível estão próximas trata-se de topografia mais acidentada com maiores diferenças de nível.

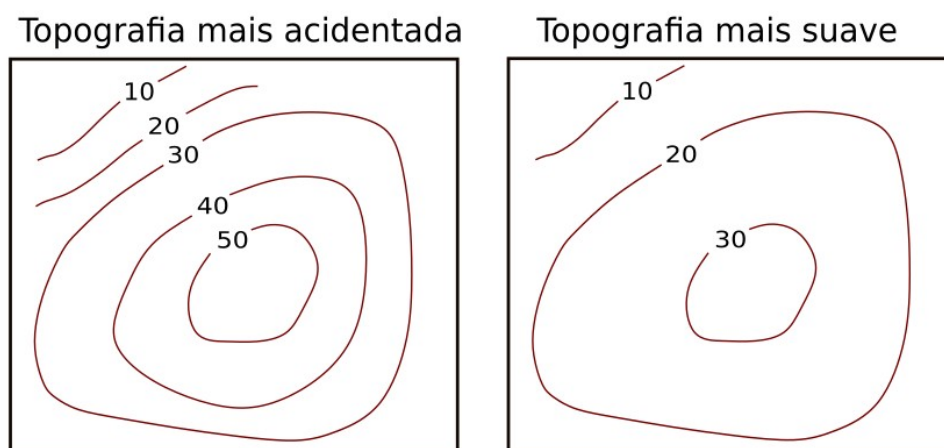


Figura 09 – Interpretação de curvas de nível, diferença entre topografia mais acidentada e mais suave

Curvas mestras e secundárias

As curvas mestras possuem traçado mais espessos e são cotadas (numeradas), já nas curvas secundárias o traçado é mais fino e podem não apresentar as cotas (Figura 10).

Na NBR 13133, página 11, diz que no caso de poucas curvas mestras, deve-se cotar as intermediárias.

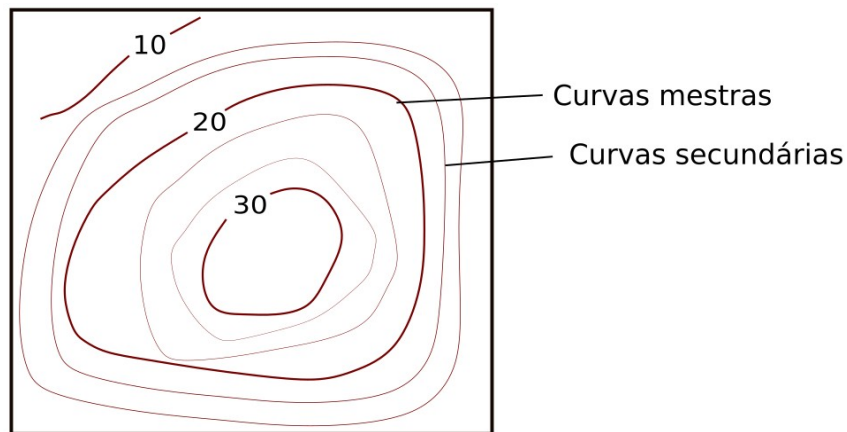


Figura 10 – Curvas mestras e secundárias

Traçado de perfil a partir de curvas de nível

A partir de curvas de nível pode-se obter perfis de terreno de acordo com interesse do projeto, conforme exemplo da Figura 11.

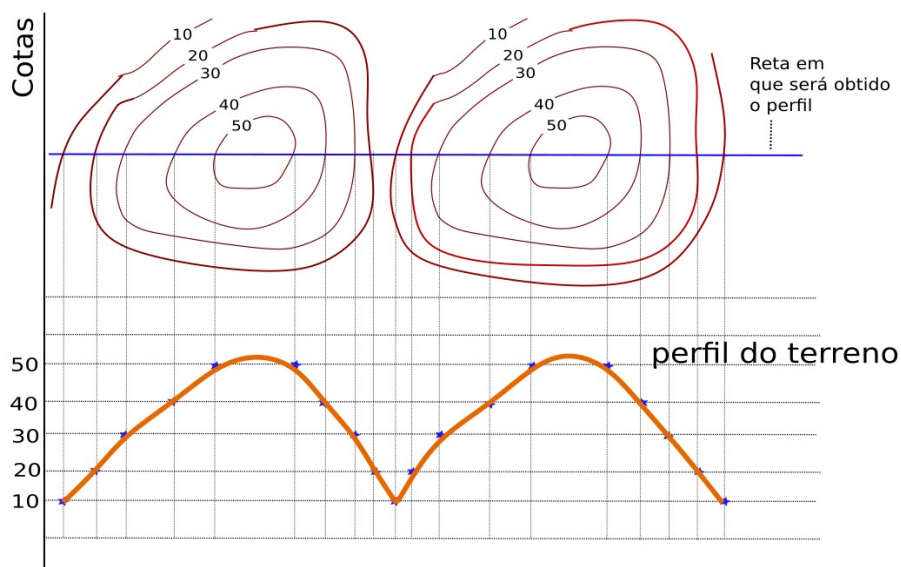


Figura 11 – Obtenção de perfil através de curvas de nível.

Determinação de corte e aterro em projetos de greide.

O greide é a linha gráfica projetada e o perfil do terreno é obtido com levantamento topográfico. Com as cotas do perfil do terreno e do greide é possível determinar a altura de corte e aterro (Figura 02).

A inclinação do greide (dg) depende do projeto. Um exemplo é a determinação da declinação do greide com a diferença de nível entre os pontos extremos (primeira e última estaca) e a distância horizontal.

$$dg = \frac{DN}{DR} \quad (1)$$

onde, DN é a diferença de níveis entre os pontos extremos e DR é a distância horizontal, também entre os pontos extremos.

As alturas de corte (A_{AC}) e aterro em um projeto é dada por:

$$A_{(C/A)} = C_p - C_T \quad (2)$$

onde, C_p é a cota do projeto e C_T é a cota do terreno.

Representação de relevo por mapa de cores

Com o avanço da informática e consequentemente com a grande capacidade de se processar dados surgiu inúmeras formas de se representar relevos usando cores e representações tridimensionais. Atualmente, alguns *softwares* de processamento de dados de topografia já possuem estas ferramentas.

Na representação do relevo mostrada na Figura 12 foi realizado um levantamento com GNSS (*Global Navigation Satellite System*) no município de Itaqui-RS para estudos de cotas de inundação. Esta representação contou com 817 pontos na área de estudo (Silva, 2017).

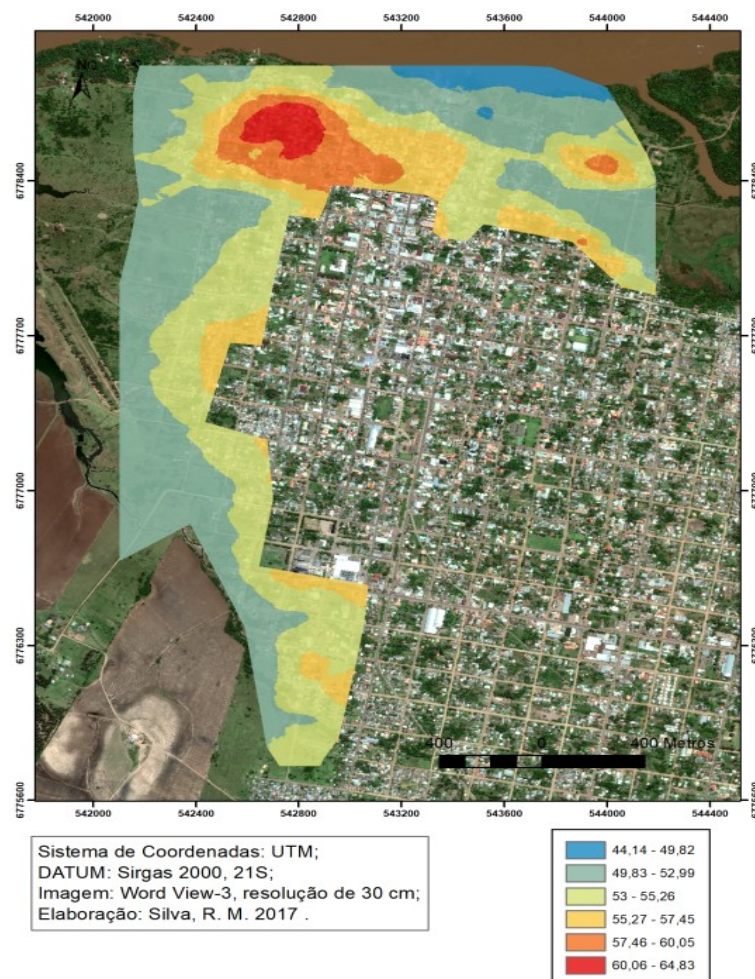


Figura 12 – Representação de relevo com intervalo de cores.
(Fonte: SILVA, 2017)

Exercício de fixação

1) Em um projeto foi necessário fazer uma rampa em um terreno que foi nivelado com estacas alinhadas (total de 12 estacas), sendo a estaca 0 e a estaca 12 os extremos. No projeto, a condição é que as cotas inicial e final da rampa coincida com as cotas inicial e final do terreno. Assim, com os dados da tabela abaixo determine as alturas de corte e aterro de cada estaca

Estacas Nº	Leituras		Distância	DR. acumulada	Cotas terreno	Cotas greide	Alt. Corte (m)	Alt. aterro (m)
	Ré	Vante						
0	2,00							
1	2,87	1,05	10,00					
2		1,85	10,00					
3		4,06	10,00					
4		1,56	10,00					
5	2,35	3,04	10,00					
6		0,14	10,00					
7		0,10	10,00					
8		0,54	10,00					
9		0,56	10,00					
10		1,22	10,00					
11		0,02	10,00					

Dicas:

Após determinar as cotas do terreno deve-se determinar a declividade do greide por:

$$dg = \frac{DN}{DR}$$

onde DN é a diferença de nível entre as estacas 0 e 11 e DR é a soma das distâncias.

A altura de corte e aterro é dada por:

$$A_{(C/A)} = C_p - C_T$$

onde C_p são as cotas do projeto (greide) e C_T são as cotas do terreno.

Resposta

Estacas Nº	Leituras		Distância	DR. acumulada	Cotas terreno	Cotas greide	Alt. Corte (m)	Alt. aterro (m)
	Ré	Vante						
0	2,00			0,00	110,00	110,00	--	--
1	2,87	1,05	10,00	10,00	110,95	110,28	0,67	--
2		1,85	10,00	20,00	111,97	110,57	1,40	--
3		4,06	10,00	30,00	109,76	110,85	--	1,09
4		1,56	10,00	40,00	112,26	111,13	1,13	--
5	2,35	3,04	10,00	50,00	110,78	111,41	--	0,63
6		0,14	10,00	60,00	112,99	111,70	1,29	--
7		0,10	10,00	70,00	113,03	111,98	1,05	--
8		0,54	10,00	80,00	112,59	112,26	0,33	--
9		0,56	10,00	90,00	112,57	112,54	0,03	--
10		1,22	10,00	100,00	111,91	112,83	--	0,92
11		0,02	10,00	110,00	113,11	113,11	--	--

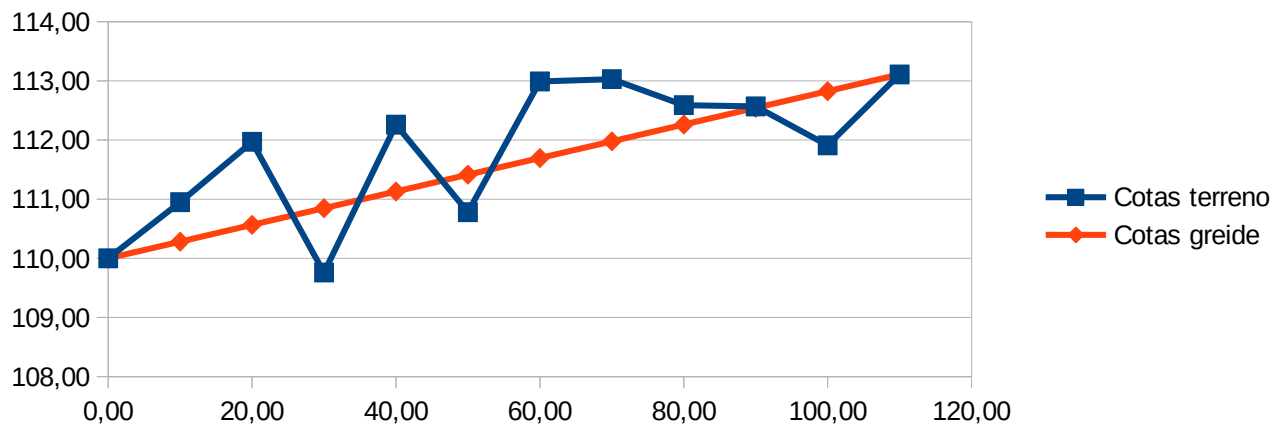


Figura 13 – Perfil de terreno e greide.

4 – BIBLIOGRAFIA

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Execução de levantamento topográfico, NBR 13133 Rio de Janeiro, 1994.

COMASTRI, J.A. & TULER, J.C.; Topografia: altimetria, 3. ed. Viçosa; Impr. Univ. UFV, 1999. 200 p.

SILVA, R. M. Proposta de metodologia para definição de um modelo digital de elevação para monitoramento de áreas de inundação. Dissertação de mestrado. Unipampa, 2017.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. Universidade Federal do Paraná. UFPR. 2012.

Leituras complementares

MCCORMAC, J. TOPOGRAFIA. 5ª. EDIÇÃO. EDITORA LTC. RIO DE JANEIRO, 2010.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia – Material de Apoio para a disciplina de Topografia II do Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da UFPR: altimetria, locação e levantamento planialtimétrico. Universidade Federal do Paraná. UFPR, 2014.

	TOPOGRAFIA II		
	Aula teórica 08: Método de obtenção de curvas de nível		
	Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes		

MÉTODO DE OBTENÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL

Conteúdo em vídeo

Parte 1 - <https://youtu.be/C3SugHfkDbQ>

Parte 2 - https://youtu.be/TJSU5_PV7_g

Parte 3 - <https://youtu.be/YrD5Vcv-dLs>

Introdução

A obtenção de curvas de nível requer levantamentos de campo e processos de interpolação, ou seja, é necessário gerar um modelo de terreno.

Atualmente usa-se o termo MDT (Modelo Digital de Terreno) devido ao uso de ferramentas computacionais tanto na obtenção (equipamentos de fornecem dados digitais, interpolação e análises estatísticas) quanto na forma de armazenar e representar (mapas de cores, curvas de nível ou representações 3D).

Além da Topografia convencional, outras técnicas de levantamentos de campo são muito utilizadas em diversas aplicações, tanto em pequena como em grande escala. Entre estes métodos podemos destacar:

1. SRTM - O sistema SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) é utilizado em grandes áreas, seus dados são disponibilizados gratuitamente (<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>), entretanto não apresenta boa precisão altimétrica. Uma aplicação para o uso do SRTM pode ser verificado em ARAÚJO et al. (2019);
2. GNSS - O sistema GNSS (*Global Navigation Satellite System*) é amplamente empregado na engenharia. Um exemplo de aplicação é visto em SILVA, 2017 que gerou Modelos Digitais de Elevação (MDE) para o estudo de cotas de inundação;
3. Fotogrametria – Pode ser utilizada em grande escala. Em DIAS (2013) a técnica foi usada para geração de modelos de elevação aplicado à elaboração de uma carta de aterros;
4. *Laser Scanner* – Embora o equipamento é de alto custo o método fornece uma nuvem de pontos capaz de reproduzir com alta resolução o relevo do terreno. Algumas aplicações podem ser vistas em FERRAZ, 2016;
5. LiDAR – O sistema LiDAR (*Light Detection And Ranging*) é uma técnica baseada na utilização de perfiladores laser aerotransportados que gera uma nuvem de pontos que permite a representação do relevo com muito detalhe. Em SILVA, 2016 foi avaliado a acurácia dos métodos VANT, GNSS e LiDAR para o cálculo de volume.

As ferramentas computacionais mudaram também a forma de interpolar dados topográficos. Todos os *softwares* utilizados em Topografia possuem recursos de interpolação e representação do relevo, fornecendo para o profissional agilidade e qualidade no processo. Também existem inúmeros *softwares* utilizadas no geoprocessamento que realizam interpolações.

Apesar de todas as possibilidades de levantamento e processamento de dados será visto três técnicas para obtenção de curvas de nível em Topografia. Nos estudos destes métodos serão discutidos alguns fundamentos importantes na obtenção das curvas de nível que o profissional deve dar atenção.

Métodos topográficos de campo

Os métodos para obtenção de curva de nível em campo são:

1. Método da quadriculação;
2. Método da irradiação;
3. Método das seções transversais.

Método da quadriculação

O método da quadriculação é preciso, porém demorado, podendo ser aplicado em pequenas áreas. É aplicado em algumas situações específicas como sistematização de terreno (COMASTRI & TULER, 1999).

Em campo procede-se da seguinte forma:

1. Fazer a quadriculação do terreno, estaqueando os vértices;
2. Realizar o nivelamento para obter as cotas de cada estaca.

A Figura mostra a disposição das estacas no processo de quadriculação.

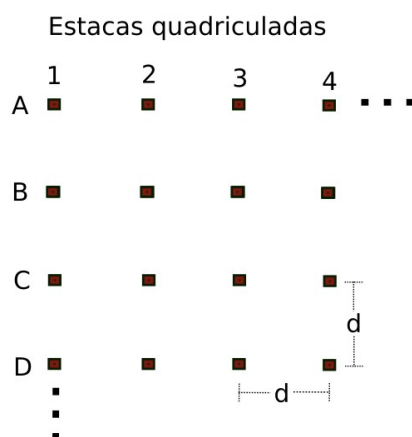


Figura 01 – Método da quadriculação.

O valor de d que é a distância entre as estacas depende da precisão requerida e da sinuosidade do terreno.

Método da irradiação.

No método da irradiação (Figura 02) não é necessário quadricular e estaquear, os pontos são levantados aleatoriamente e a quantidade e distribuição destes pontos depende da topografia do terreno. É um processo mais rápido comparado com o método da quadriculação.

Dependendo do terreno (tamanho, topografia) escolhe-se o equipamento mais adequado (níveis, teodolitos ou estações totais).

Em campo obedece-se ao seguinte procedimento:

1. Levantamento das poligonais, principais e secundárias;

2. Nivelamento das poligonais;
3. Levantamento das irradiações.

Neste procedimento o profissional deve ter em mente que uma boa representação do terreno depende do número de pontos levantados bem como da distribuição destes pontos. Assim, o planejamento das poligonais é importante para atender a estes quesitos. O método pode ser melhor detalhado em BORGES, 1992, páginas 50, 51, 52,53,54 e 55.

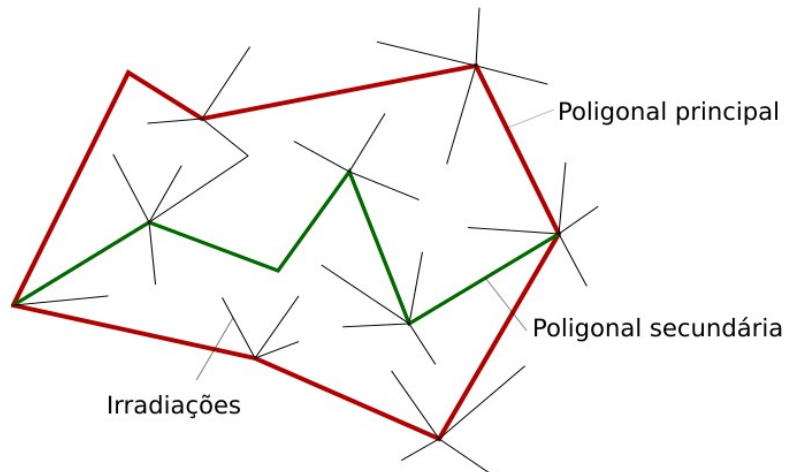


Figura 02 – Método da irradiação.

Método das seções transversais.

O método das seções transversais é usado para obtenção de curvas de nível em faixas, ou seja, terrenos com pequenas larguras e longos comprimentos. Este método é muito aplicado em projetos de linhas de transporte (estradas, ferrovias, etc).

No caso de projetos de estradas é comum distância entre as seções de 20 metros (BORGES, 1992). A Figura 03 mostra o método das seções transversais.

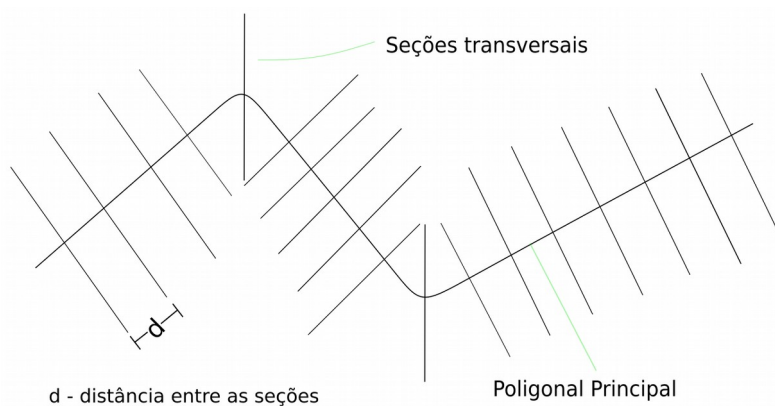


Figura 03 – Método das seções transversais.

Interpolação

O processo de interpolação é necessário para o traçado de curvas de nível. Embora existam inúmeros métodos de interpolação que podem ser processados em *softwares* especializados será mostrado aqui os métodos mais simples que podem ser empregados sem auxílio de computadores.

Interpolação gráfica e numérica

Na interpolação gráfica deve-se determinar o valor das cotas inteiras entre dois pontos. Este processo pode ser feito com réguas e escalímetros.

O ponto D, mostrado na Figura 04, é o lugar geométrico que possui cota inteira. Pode ocorrer mais cotas inteiras entre dois pontos e a determinação dos locais onde elas se encontram podem ser determinados com mesmo raciocínio, embora sua determinação dependa da equidistância entre as curvas de nível

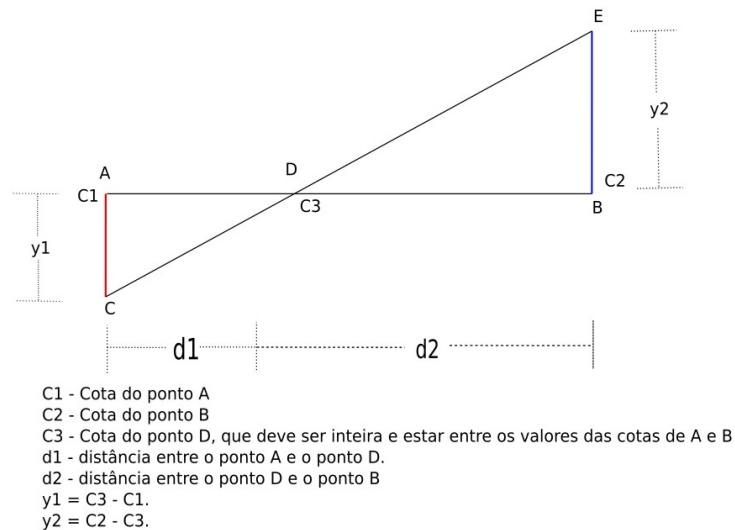


Figura 04 – Interpolação gráfica.

Para determinar o lugar geométrico do ponto D graficamente, basta medir o valor de $y1$ e $y2$, e traçar uma reta entre os pontos C e o ponto E. O local onde a reta CE cruza com a reta AB é o lugar onde ocorre a cota inteira. A Figura 05 exemplifica o processo.

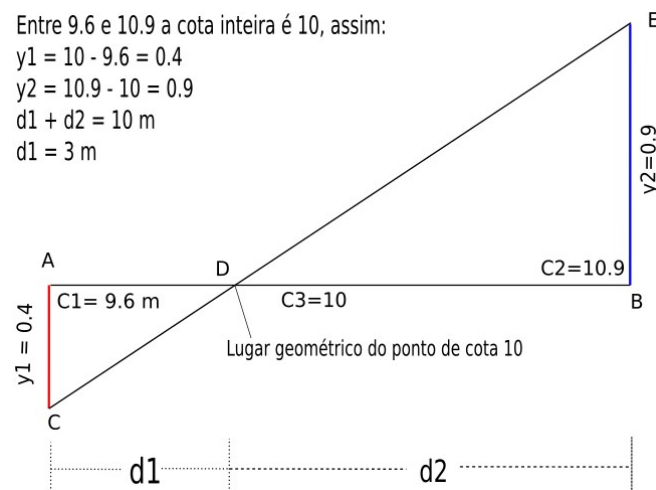


Figura 05-Exemplo de interpolação gráfica.

Um exemplo de interpolação numérica é baseada no princípio da semelhança de triângulo. Utilizando o exemplo da Figura 04 o lugar geométrico do ponto de cota inteira ($d1$) é dado por:

$$\frac{d_1}{y_1} = \frac{(d_1 + d_2)}{(y_1 + y_2)} \rightarrow d_1 = \frac{y_1 * (d_1 + d_2)}{y_1 + y_2} \quad (1)$$

A interpolação gráfica ou numérica pode ser utilizada em malhas quadriculadas e triangulares.

Malhas triangulares

Na interpolação de pontos aleatórios (resultado de um levantamento pelo método da irradiação) é conveniente utilizar *softwares* específicos, que além da interpolação linear, oferece opções como krigagem, vizinho mais próximo, IDW, *spline* e outros.

No caso de pontos aleatórios é necessário a criação de uma malha triangular que deve seguir algumas regras básicas:

1. Somente interpolar pontos imediatamente próximos;
2. Não cruzar direções de interpolação;
3. Não passar uma direção de interpolação próximo de pontos de cotas conhecidas. A Figura 06 ilustra os casos que devem ser evitados.

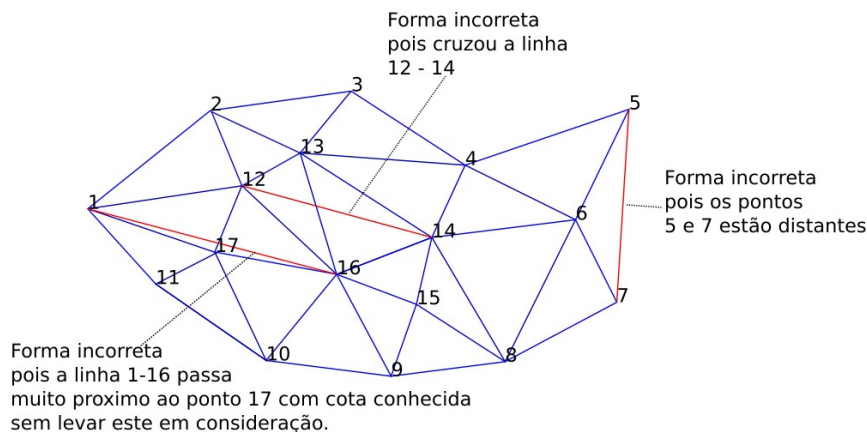


Figura 06 – Casos que devem ser evitados em interpolação na triangulação de pontos aleatórios

(Fonte: Adaptada de BORGES, 1992)

A determinação das cotas entre os pontos da malha pode ser por interpolação numérica ou até gráfica, sendo esta última atualmente em desuso.

Ambiguidades na representação das curvas de nível

Em algumas situações podem ocorrer ambiguidades conforme ilustra a Figura 07. Neste caso o terreno o profissional deve providenciar informações para que a representação do terreno seja fidedigna.

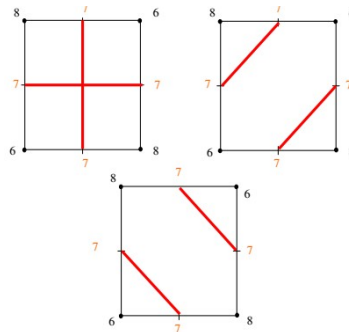


Figura 07 – Ambiguidade em malhas quadradas.
(Fonte: VEIGA, ZANETTI, FAGGION, 2012)

Nas malhas triangulares estas ambiguidades são evitadas.

Traçado de curvas de nível.

O traçado de curvas de nível também obedece a algumas regras como:

1. Devem ser traçadas com linhas contínuas;
2. Não deve haver mudanças bruscas de direção;
3. Curvas de nível nunca se cruzam ou se encontram;
4. Em casos em que as curvas não sejam representativas deve ser feito uma revisão nas malhas e métodos de interpolação.

Exercícios

1) Considere os pontos apresentados na Figura 08 e os dados da Tabela 01 e encontre o lugar geométrico de cotas inteiras. Plote as curvas de nível.

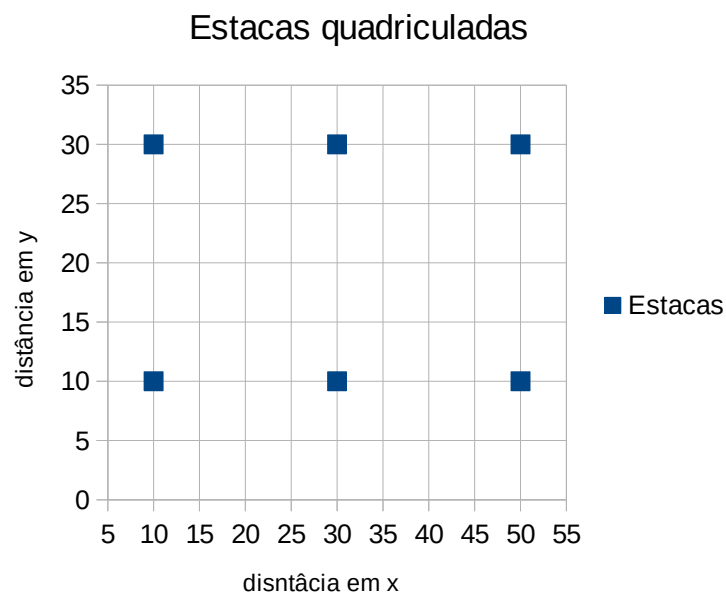


Figura 08 – Localização de estacas.

Tabela 01 – Cotas

Estaca	Coordenada	cotas
E1	10-10	11,6
E2	10-30	10
E3	30-10	13
E4	30-30	11,2
E5	50-10	14,6
E6	50-30	12,6

Resposta.

Para determinar as distâncias de cotas inteiras deve-se utilizar a equação (1)

Tabela 02 – Distâncias do local de cotas inteiras.

Alinhamentos	Nº de interpolações	Estaca referencia	Cota inteira	Distância da estaca de referencia
E1-E2	1	E1	11	7,50
E1-E3	1	E1	12	5,71
E2-E4	1	E2	11	16,67
E3-E4	1	E3	12	11,11
E3-E5	1	E3	14	12,50
E4-E6	1	E4	12	11,43
E5-E6	2	E5	13	16,00
E5-E6	2	E5	14	6,00

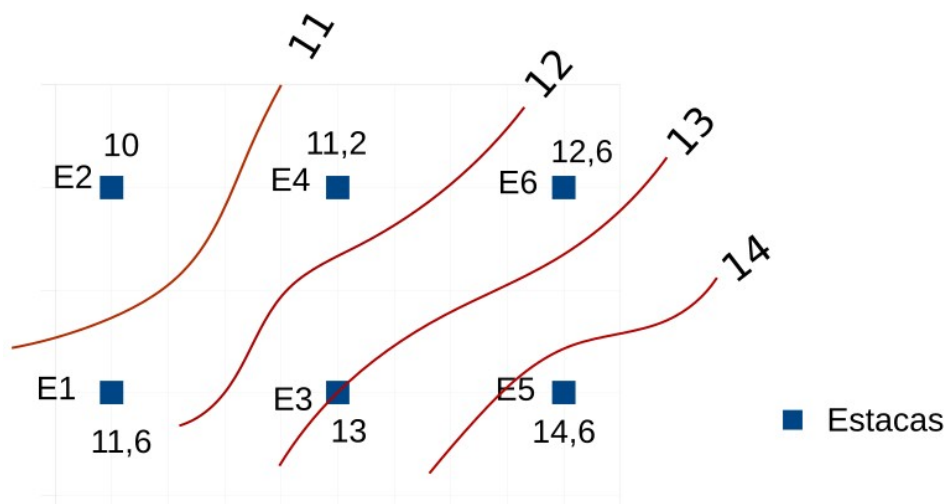


Figura 09 – Interpolação de curvas de nível.

Exercício sugerido

2) Fazer o exercício da página 69 do livro:

BORGES, A. C. Exercícios de topografia. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2013

4 – BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, P. V. N.; AMARO, V. E.; SILVA, R. M.; LOPES, A. B. Delimitation of flood areas based on a calibrated a DEM and geoprocessing: case study on the Uruguay River, Itaiqui, southern Brazil. *Natural Hazards And Earth System Sciences*, v. 19, p. 237-250, 2019.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Execução de levantamento topográfico, NBR 13133 Rio de Janeiro, 1994.

BORGES, Alberto C. Topografia Aplicada à Engenharia Civil. 1ª Ed. Vol 2. São Paulo: Editora Edgard Blucher. 232p. 1992

BORGES, A. C. Exercícios de topografia. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2013

COMASTRI, J.A. & TULER, J.C.; Topografia: altimetria, 3. ed. Viçosa; Impr. Univ. UFV, 1999. 200 p.

DIAS, P. M. R. C. Elaboração de uma Carta de Aterros da Cidade de Lisboa por LiDAR e Fotogrametria Aérea. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa. 2013

FERRAZ, R. S.; SOUZA, S. F.; REIS, M. L. L. *Laser Scanner* Terrestre: teoria, aplicações e prática. *Rev. Bras. Geom.*, v.4, n. 2, p.99-109. 2016

SILVA, R. M. Proposta de metodologia para definição de um modelo digital de elevação para monitoramento de áreas de inundação. Dissertação de mestrado. Unipampa, 2017.

SILVA, C. A.; DUARTE, C. R.; SOUTO, M. V. Silva; SANTOS, A. L. S.; AMARO, V. E.; BICHO, C. P.; SABADIA, J. A. B. Avaliação da acurácia do cálculo de volume de pilhas de rejeito utilizando VANT, GNSS e *LiDAR*. *Boletim de Ciências Geodésicas (Online)*, v. 22, p. 73-94, 2016.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. Universidade Federal do Paraná. UFPR. 2012.

Leituras complementares

MCCORMAC, J. TOPOGRAFIA. 5ª. EDIÇÃO. EDITORA LTC. RIO DE JANEIRO, 2010.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. Fundamentos de Topografia – Material de Apoio para a disciplina de Topografia II do Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da UFPR: altimetria, locação e levantamento planialtimétrico. Universidade Federal do Paraná. UFPR, 2014.

BORGES, Alberto C. Topografia Aplicada à Engenharia Civil. 2ª Ed. Vol 1. São Paulo: Editora Edgard Blucher. 191p. 1977.

CÁLCULO DE VOLUMES

Parte 1 - https://www.youtube.com/watch?v=FRpa6Uizk_s&feature=youtu.be

Parte 2 - <https://youtu.be/TFNwY1qlHQo>

Introdução

O cálculo de volumes é aplicado em diversos projetos que necessitam de movimentação de terras, como construção de estradas, canais, fundações de obras, mineração, reservatórios, aterros sanitários, entre outras.

A determinação do volume de cortes e aterros se faz necessário também no orçamento dos projetos, já que correspondem a uma porcentagem apreciável no custo dos mesmos (MCCORMAC, 2010).

Além da topografia convencional existem possibilidades de se determinar volumes com outras técnicas, como aerofotogrametria, *drones*, *LiDAR* e *Laser Scanner*.

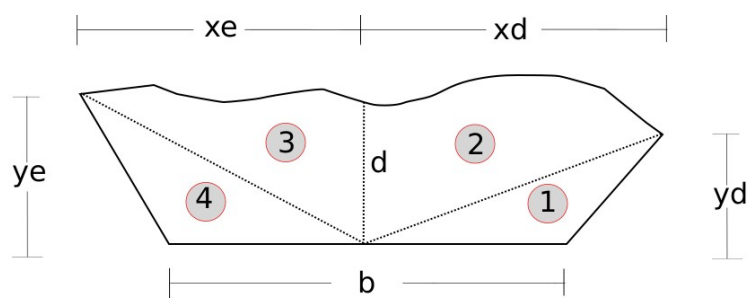
Neste capítulo serão vistos algumas técnicas muito usadas, a saber:

1. Fórmula da área média das seções;
2. Fórmula do tronco da pirâmide;
3. Cálculo de volume por divisão de prismas verticais.

Fórmula da área média das seções.

A fórmula da área média das seções pode ser aplicada quando temos duas seções transversais consecutivas, caso muito aplicado na construção de estradas. Neste caso é determinada a área de cada seção, a média entre as áreas, que por sua vez é multiplicada pela distância entre as mesmas.

Para o cálculo da área das seções necessita-se de medidas de acordo com a Figura 01.



- b - medida da plataforma
- d - altura da seção no eixo
- ye - altura do lado esquerdo da seção
- yd - altura do lado direito da seção
- xe - medida do lado esquerdo da seção
- xd - medida do lado direito da seção

Figura 01 – Medidas da seção transversal para cálculo de área.

A área é determinada pela soma das áreas das figuras geométricas 1, 2, 3 e 4 mostradas na Figura 01. Assim, podemos determinar o volume por:

$$S = \frac{1}{2} * \left(\frac{b}{2} * yd \right) + \frac{1}{2} * \left(\frac{b}{2} * ye \right) + \frac{1}{2} * (xe * d) + \frac{1}{2} * (xd * d) \rightarrow$$

$$S = \frac{b}{4} * (yd + ye) + \frac{d}{2} * (xd + xe) \quad (1)$$

Neste método o volume é determinado por duas seções consecutivas, conforme Figura 02.

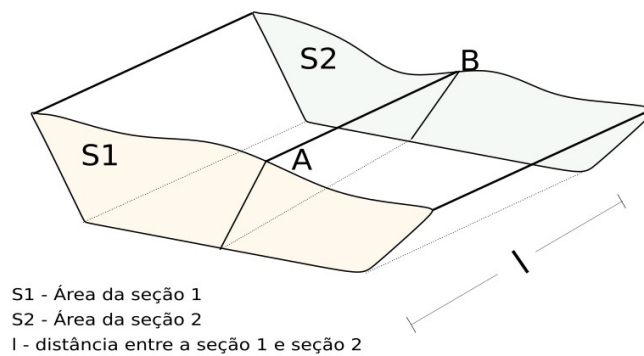


Figura 02 – Seções transversais consecutivas

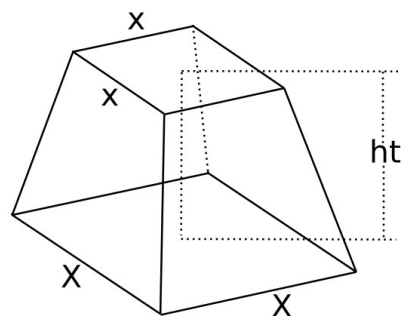
Após a determinação das áreas o volume é dado por:

$$V = \left(\frac{S1 + S2}{2} \right) * l \quad (2)$$

Vale ressaltar que esta técnica pode ser aplicado em casos de corte e aterro.

Fórmula do tronco da pirâmide ou prismoide.

Para determinar o volume por este método temos que recordar o volume do tronco da pirâmide.



ht - altura do tronco da pirâmide
x - lado do topo
X - lado da base.

Figura 03 – Tronco da pirâmide

$$V_t = \frac{ht}{3} * (X^2 + x^2 + \sqrt{X^2 * x^2}) \quad (3)$$

De forma análoga a equação (3) pode ser usadas para determinar o volume entre duas seções (V_s), ou seja:

$$V_s = \frac{l}{3} (S1 + S2 + \sqrt{S1 * S2}) \quad (4)$$

onde, l é a distância entre as duas seções, $S1$ e $S2$ a área das seções.

A fórmula do prismoide pode se aplicada na prática para calculo de volumes em montes, conforme Figura 04:

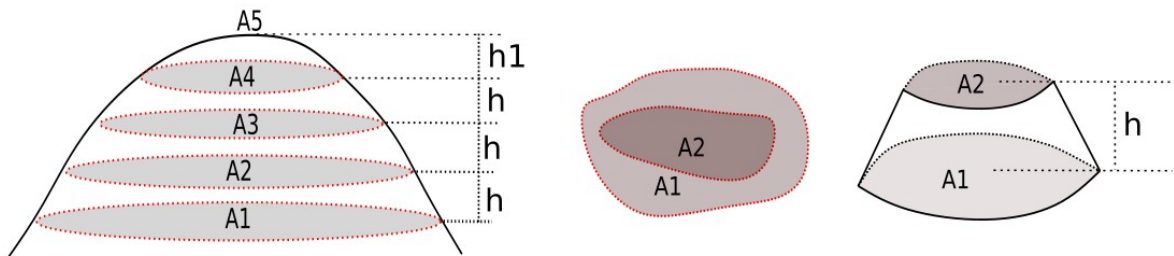


Figura 04 – Aplicação do uso do prismoide

Considerando o exemplo da Figura 04, podemos calcular o volume pelo somatório dos volumes dos troncos.

$$V_t = \frac{h}{3} * [(A1 + A2 + \sqrt{A1 * A2}) + (A2 + A3 + \sqrt{A2 * A3}) + (A3 + A4 + \sqrt{A3 * A4})] + (\frac{h1}{3}) * A4$$

$$\rightarrow V_t = \frac{h}{3} * (\sum_{n=1}^{n-1} A_{(i)} + A_{(i+1)} + (\sqrt{A_{(i)} * A_{(i+1)}})) + (\frac{h1}{3}) * A4 \quad (5)$$

onde A_i são as áreas e h é a altura do tronco de pirâmide.

Na expressão (5) aparece o termo $h1$, cujo um terço deste valor multiplica com $A4$, isto se dá porque no topo do monte não obedece a equidistância entre as curvas de nível e a área $A5$ equivale a zero. Obviamente esta expressão pode ser adaptada e aplicada em demais casos.

Calculo de volume por divisão de prismas verticais.

Em alguns projetos é comum que os volumes estejam compreendidos entre duas superfícies irregulares ou não (superfície do terreno e projeto). Neste caso pode-se proceder com o cálculo de volume pela divisão do sólido em prismas verticais, conforme ilustra a Figura 05.

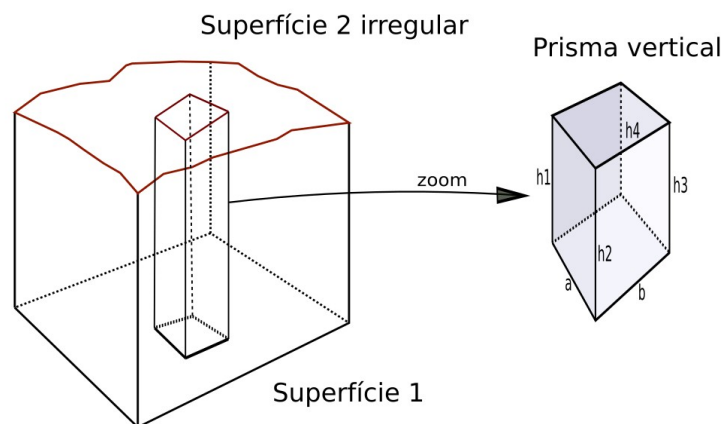


Figura 05 – Cálculo de volume pela divisão de prismas verticais

A Figura 06 exemplifica uma superfície em que se deseja determinar o volume. Trata-se de um terreno com cotas conhecidas em cada estaca e cotas de um projeto.

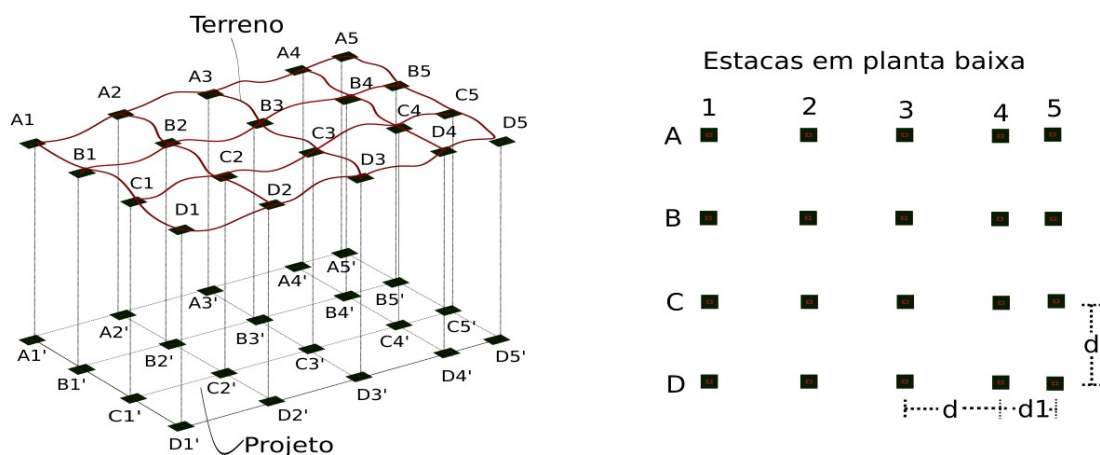


Figura 06 – Cálculo de volume pela divisão de prismas verticais entre cotas de um terreno e cotas de um projeto.

A altura de cada lado do prisma (hp_n), neste caso, é dada por:

$$hp_n = CT_n - CP'_n \quad (6)$$

onde CT_n correspondem às cotas A1, A2, A3, A4, A5, B1, B2, B3, B4, B5, C1, C2, C3, C4, C5, D1, D2, D3, D4, D5 e CP'_n correspondem às cotas A1', A2', A3', A4', A5', B1', B2', B3', B4', B5', C1', C2', C3', C4', C5', D1', D2', D3', D4' e D5'.

Para cada prisma é determinada a média de seus lados (hm_i), como no exemplo do prisma formado pelos lados A1-A1', A2-A2', B1-B1' e B2-B2':

$$hm_1 = \frac{(h_{(A1-A1')} + h_{(A2-A2')} + h_{(B1-B1')} + h_{(B2-B2')})}{4} \quad (7)$$

A equação (7) deve ser usada para determinar a média dos lados em todos os prismas. A área da base, no caso da Figura 06, de alguns prismas é dado por:

$$a = d^2 \quad (8)$$

Observando a Figura 06 verifica-se que os prismas formados pela coluna de estacas 4 e 5 não possui a mesma distância em planta baixa dos demais prismas, neste caso a área da base é dada por:

$$a1 = d * d1 \quad (9)$$

Dependendo da configuração planimétrica do terreno pode ocorrer vários prismas com configurações de bases diferentes e consequentemente áreas de base diferentes (a_i), estas áreas devem ser multiplicadas pelos valores médios de hm_i correspondente. Assim, o volume final é dado por:

$$V = \sum hm_i * a_i \quad (10)$$

O método de calculo de volumes por divisão de prismas verticais pode ser aplicado em diversas situações e sua precisão depende da resolução, ou seja, quanto maior o número de prisma em uma determinada área, melhor a precisão.

Exercícios para fixação em sala de aula.

1) Em um projeto de estradas foi necessário o calculo de volume de terras. Os dados das seções são fornecidos na tabela que segue. Com estes dados determine o volume total entre as seções 1 e 4 utilizando a fórmula da área média das seções. Unidades em metros.

Dados	Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4
b	14	14	14	14
ye	4,3	5,01	3,24	4
yd	4,99	5,01	4,21	4,5
xe	15,89	15,54	14,03	13,88
xd	17,77	18,04	16,5	15,02
d	4,32	4,12	4,07	4,08
l	20			

Dica:

- Verificar a Figura 01 para identificar as variáveis;
- Utilizar as equações (1) e (2);
- Disposição das seções similar ao mostrado na Figura 02.

Resposta

	Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4
Área	105,2206	104,2448	88,20355	88,706
V12	2094,654			
V23	1924,4835			
V34	1769,0955			
VT	5788,233			

2) Considere a área das seções do exercício anterior e determine o volume pela fórmula do tronco de pirâmide. Compare os resultados. A distância entre as seções é de 20 metros.

	Seção 1	Seção 2	Seção 3	Seção 4
Área	105,2206	104,2448	88,20355	88,706

Resposta

Volumes	Área média		Tronco pirâmide
V12	2094,65		2094,65
V23	1924,48		1922,25
V34	1769,10		1769,09
VT	5788,23		5785,99

Comparando os resultados verificamos que houve uma pequena diferença. Esta diferença se intensifica quando as áreas das seções consecutivas são muito diferentes.

Introdução ao sistema computadorizado para cálculo de volumes

A seguir será apresentado um exemplo de levantamento e cálculo de volume com o sistema posição (<http://www.posicao.com.br/>), cuja licença foi cedida para o Laboratório de Topografia e Geodésia do Campus Pontal do Paraná-UFPR. O levantamento realizado no município de Itaquí-RS foi cedido por Silva, 2017 (Figura 07).



Figura 07 – Localização de pontos e curvas de nível geradas.

O *software* permite projetar perfiz de um alinhamento qualquer e interpolar seções transversais automaticamente, conforme ilustra Figura 08.

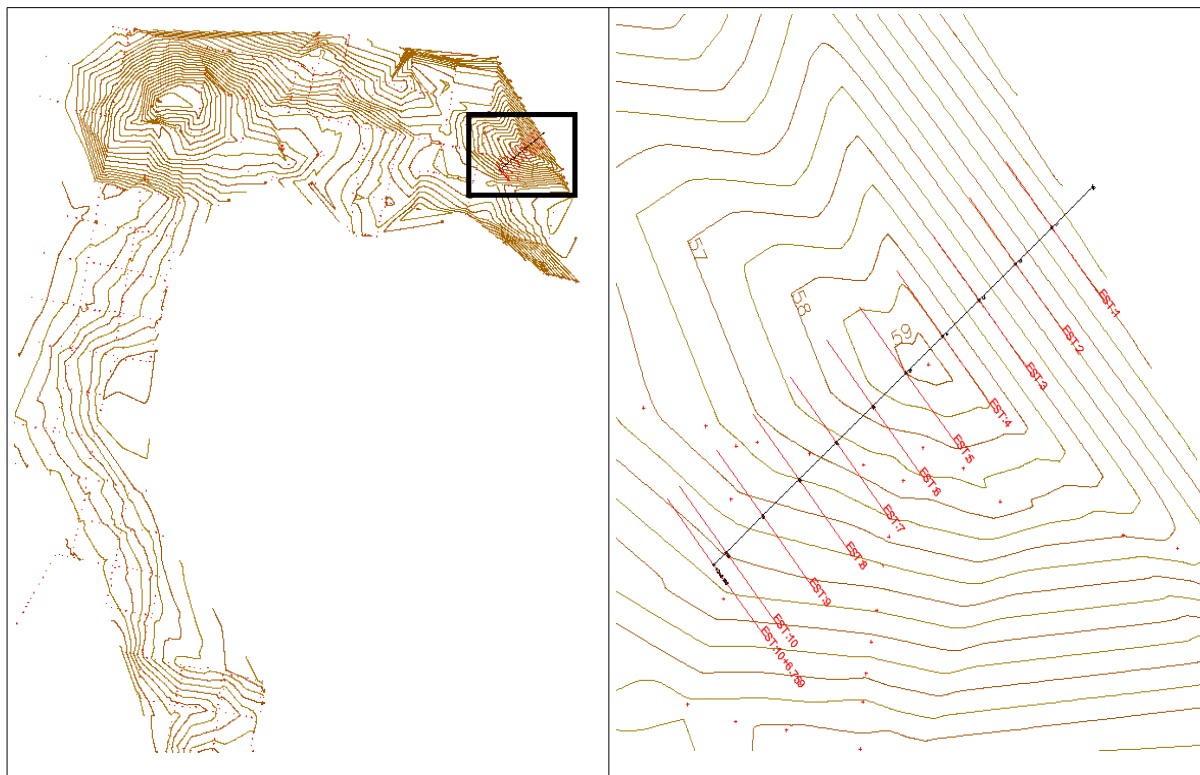


Figura 08 – Perfil e seções transversais

O perfil de Terreno do alinhamento escolhido é mostrado na Figura 09. Neste perfil podemos observar a coerência entre o perfil traçado e as curvas de nível mostradas no Terreno.

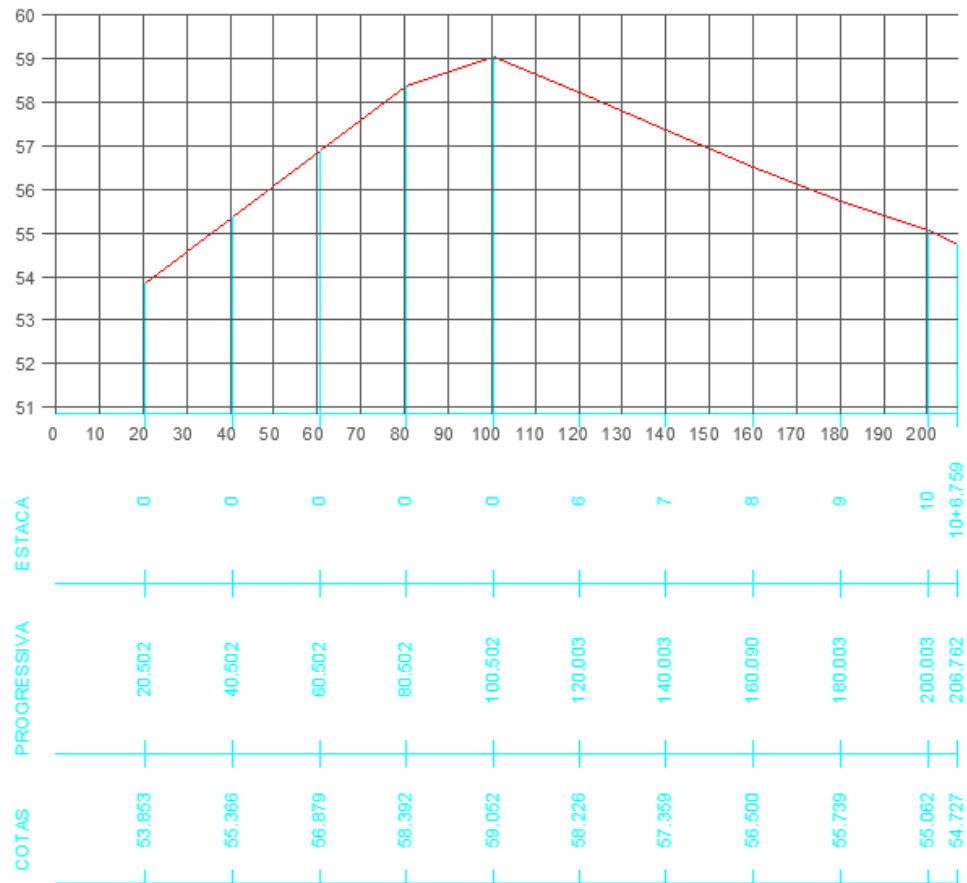


Figura 09 – Perfil de terreno

O sistema também permite projetar no alinhamento com as seções transversais uma rampa com inclinação variável e calcular o volume de corte e aterro entre o terreno e o projeto nas seções consecutivas. A Figura 10 mostra um exemplo do projeto nas estacas 07, 08 e 09 ilustradas na Figura 08.

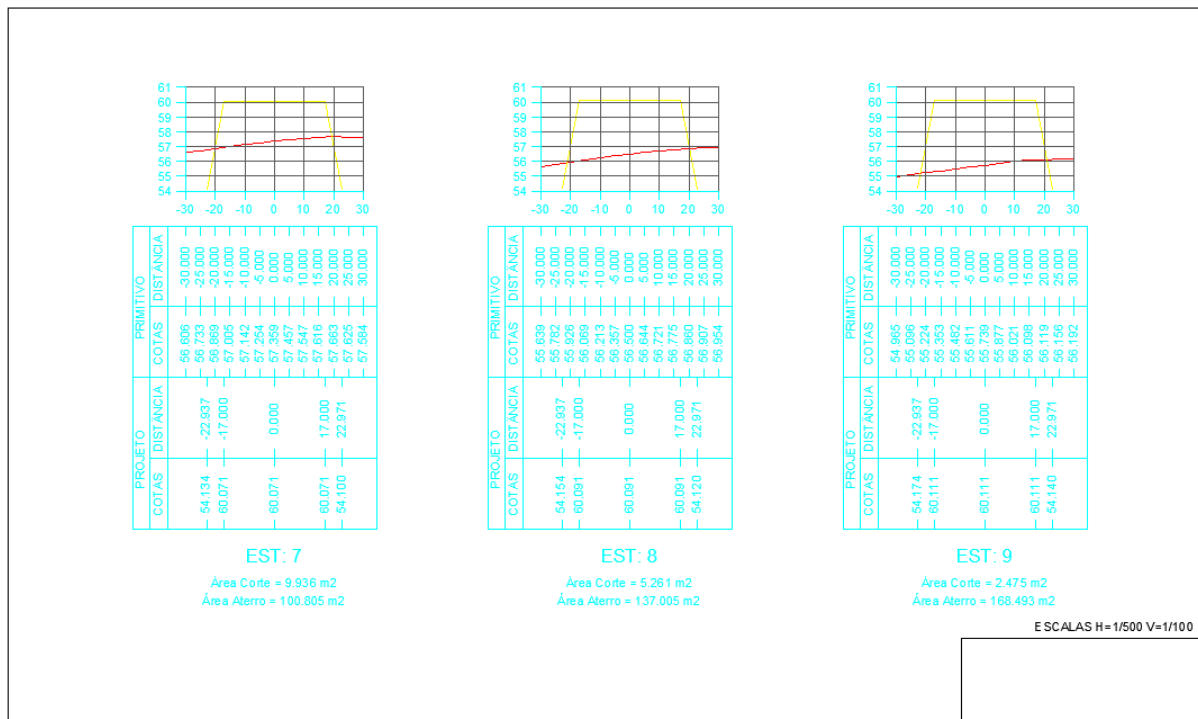


Figura 10 – Desenho de seções transversais e determinação de corte e aterro.

O projeto de rampa entre as estacas 1 e 10 pode ser visualizado em 3D, conforme Figura 11, também o módulo volume do *software* posição permite visualizar todas as seções, neste exemplo serão visualizadas as seções das estacas 1, 4 e 6, respectivamente.

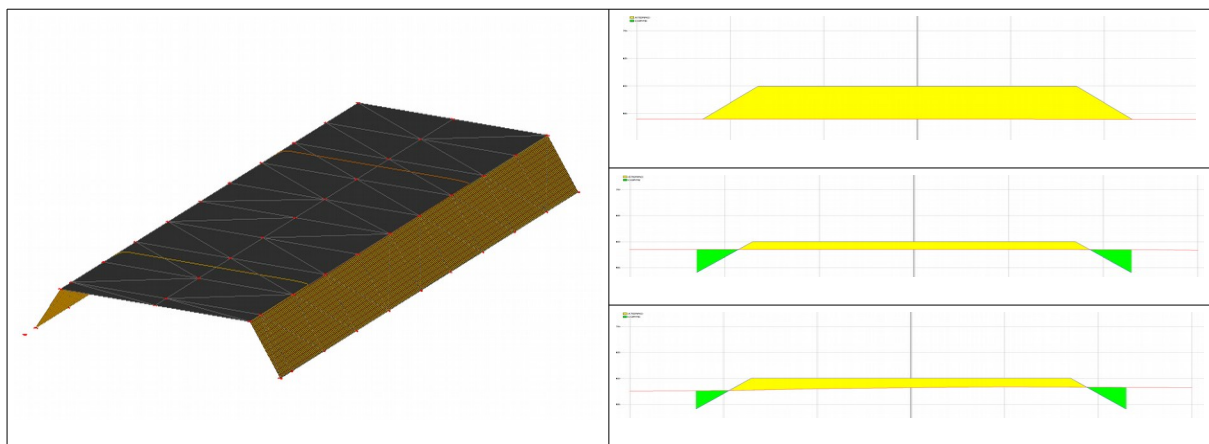


Figura 11 – Visualização 3D do projeto e seções individuais.

Os relatórios são gerados automaticamente, conforme exemplo da Figura 12.

Resultados do Volume

**CÁLCULO DE VOLUME
PRIMITIVO x PROJETO**

ESTAÇÃO INICIAL: **1**

ESTAÇÃO FINAL: **10+6.759**

ÁREA TOTAL DE CORTE: **84.618 m²**

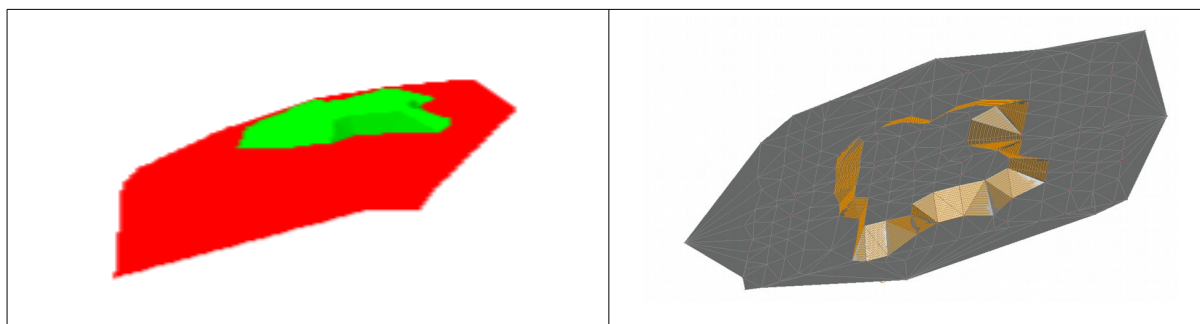
ÁREA TOTAL DE ATERRO: **1508.421 m²**

VOLUME TOTAL DE CORTE: **1645.237 m³**

VOLUME TOTAL DE ATERRO: **22689.490 m³**

Figura 12 – Cálculo automático de volumes entre seções transversais.

Também é possível determinar volumes entre duas superfícies e gerar relatórios. A Figura 13 ilustra duas superfícies hipotéticas para determinação de volumes entre elas (acima da superfície representado em vermelho encontra-se outra superfície representada em verde).



O relatório é gerado automaticamente, conforme Figura 14.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Data: 01/05/2020 Page 1 of 1

RELATÓRIO DE VOLUME

CLIENTE:

OBRA:

MUNICÍPIO:

ESTADO:

LOCAL

SUPERFÍCIE:	C:\Users\Alexandre\OneDrive - ufpr.br\Dados Projetos\litaqui posicao\entre sup 1.mdt		
REFERÊNCIA:	Superficie: C:\Users\Alexandre\OneDrive - ufpr.br\Dados Projetos\litaqui posicao\entre s		
ÁREA DE CÁLCULO	Área Comum		
VOLUME DE CORTE (m3)	297726.601	N. TRIÂNGULOS SUPERFÍCIE	427
VOLUME DE ATERRO (m3)	0.000	N. TRIÂNGULOS REFERÊNCIA	427
DENSIDADE	1.08	N. TRIÂNGULOS TOTAL	854
PESO (ton)	0		

Figura 13 – Relatório de cálculo de volume entre duas superfícies.

Rotina para calculo de volume em linguagem Matlab.

A rotina abaixo determina o volume entre seções consecutivas pelo método das seções médias e o tronco das pirâmides. A rotina pode ser utilizada em plataforma *Octave* (<https://www.gnu.org/software/octave/>).

```
%%%%%%%% CÁLCULO DE VOLUMES ENTRE SEÇÕES TRANSVERSAIS.
clear all;
close all;
format long
disp(' ***ESTE PROGRAMA CALCULA O VOLUME DE SEÇÕES CONSECUTIVAS***');
disp(' -----');
disp(' Dados para Calculo de area de secao ')
disp(' -----');
disp(' _ _ _ _ _ xe _ _ _ xd _ _ _ ')
disp(' ye \ _ |h _ / yd _ ')
disp(' _ _ _ _ _ / _ _ _ ')
disp(' _ _ _ _ _ plataforma _ _ _ ')
disp(' -----');
n = input('Entre o com o numero de secoes ---');;
i=0;
while i < n
b = input('Entre o com o valor da plataforma da secao ---');
d = input('Entre o com o valor da altura do eixo h ---');
yd = input('Entre o com y direito da secao yd ---');
ye = input('Entre o com y esquerdo da secao ye ---');
xd = input('Entre o com x direito da secao xd ---');
xe = input('Entre o com x esquerdo da secao xe ---');
A = ((b/4)*(yd +ye)) + ((d/2)*(xd+xe));          %%%%%%%%% Determinação das áreas
disp(' -----');
disp('Secao seguinte');
i = i+1;
S(:,i) = A;
T = size(S);
TT=T(1,2);
%%%%%%%%%%%%%%
if TT>=2
if i+1>n
am = (S(1,n-1)+S(1,n))/2;
vtp = (S(1,n-1)+S(1,n) + sqrt(S(1,n-1)*S(1,n))) ;
else
am = (S(1,i-1)+S(1,i))/2;
vtp = (S(1,i-1)+S(1,i) + sqrt(S(1,i-1)*S(1,i))) ;
end
AM(:,i) = am;
Atp(:,i) = vtp;
end
end
AM=AM(1,2:i);
AMtp = Atp(1,2:i);
l = input('Entre o com a distancia entre as secao ---');
V = AM.*l;
Vtp = AMtp.*(l/3);
disp(' VOLUME FINAL PELO MÉTODO DAS SECOES MEDIAS EM m^3');
VSM = sum(V)
disp(' VOLUME FINAL PELO MÉTODO TRONCO DE PIRÂMIDE EM m^3');
VSM = sum(Vtp)
```

Sugestão de exercícios

- 1) Fazer o exercício nº 88, página 94 do livro: *BORGES, A. C. Exercícios de topografia. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2013.*
- 2) Fazer o exercício da página 234 do livro: GONÇALVES, J. A.; MADEIRA, S. *Topografia -Conceitos e Aplicações 3ª Edição (Atual e Aumentada); Lisboa: LIDEL Edições Técnicas Ltda, 2012.*
- 3) Calcular o volume dos exercícios anteriores com a rotina apresentada.

4 – BIBLIOGRAFIA

MCCORMAC, J. *Topografia. 5º Edição. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2010*

GONÇALVES, J. A.; MADEIRA, S. *Topografia -Conceitos e Aplicações 3ª Edição (Atual e Aumentada); Lisboa: LIDEL Edições Técnicas Ltda, 2012.*

SILVA, R. M. *Proposta de metodologia para definição de um modelo digital de elevação para monitoramento de áreas de inundação. Dissertação de mestrado. Unipampa, 2017.*

Leituras complementares

BORGES, Alberto C. *Topografia Aplicada à Engenharia Civil. 1ª Ed. Vol 2. São Paulo: Editora Edgard Blücher. 232p. 1992*

BORGES, A. C. *Exercícios de topografia. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2013*

BORGES, Alberto C. *Topografia Aplicada à Engenharia Civil. 2ª Ed. Vol 1. São Paulo: Editora Edgard Blücher. 191p. 1977.*

COMASTRI, J.A. & TULER, J.C.; *Topografia: altimetria, 3. ed. Viçosa; Impr. Univ. UFV, 1999. 200 p.*

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. *Fundamentos de Topografia – Material de Apoio para a disciplina de Topografia II do Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da UFPR: altimetria, locação e levantamento planialtimétrico. Universidade Federal do Paraná. UFPR, 2014.*

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. *Fundamentos de Topografia. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. Universidade Federal do Paraná. UFPR. 2012.*



**Universidade Federal do Paraná
Campus Pontal do Paraná
Centro de Estudos do Mar**



AULAS PRÁTICAS DE TOPOGRAFIA II



Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes

	Topografia II - Aula Prática 1 – P1.
	Disciplinas: Topografia II
	Professor: Alexandre Bernardino Lopes
	Assunto: Nivelamento Geométrico
	Turma:

1 – Introdução

O objetivo da aula prática 1 é mostrar o equipamento, enfatizar os cuidados que o operador deve ter ao transportar, estacionar e operar o equipamento e fazer um nivelamento geométrico para se obter cotas de pontos pré-definidos.

Será utilizado nível eletrônico modelo *sprinter 150 m leica* e miras com código de barra nas dependências do CEM/UFPR em Pontal do Sul.

2 - Cuidados com equipamento

Os equipamentos topográficos devem ser manuseados com extrema cautela, pois tombos ou mau uso podem inviabilizar seu uso. Neste caso algumas precauções devem ser tomadas por quem vai trabalhar com o mesmo. Os principais cuidados são:

1. Ao transportar o equipamento verifique que as malas de transporte estão devidamente fechadas;
2. Colocar o equipamento na mala de transporte conforme indicado pelo fabricante;
3. Colocar o tripé devidamente posicionado no ponto de interesse e sempre segurar na alça do equipamento desde a hora que tirar da mala de transporte até rosquear no tripé;
4. Nunca transportar o equipamento rosqueado no tripé, isto pode empenar as alidades do equipamento;
5. Não expor o equipamento a condições ambientais extremas, evitar que o equipamento fique exposto a poeira, chuva, etc,
6. Observar as condições de trabalho, não operar o equipamento próximos a animais que possam derrubar o equipamento ou em locais onde o trânsito de veículos automotores ou não pode ocasionar acidentes e chocar com o equipamento;
7. Certifique que o tripé esteja fixado e não corre o risco de cair, ou escorregar;
8. Em hipótese nenhuma deixe o equipamento, sempre tenha o mesmo em vista;
9. Não trave o equipamento e force o movimento;
10. O transporte do equipamento deve ser feito sempre em malas de transporte.

3 - Cuidados ao operar o equipamento.

O operador deve atentar para ter os seguintes cuidados;

1. Estacione o equipamento sempre a uma altura adequada, para que o operador fique confortável ao operar o equipamento;
2. Sempre que possível evite estacionar o equipamento em locais de difícil acesso, como em locais que o operador tenha dificuldades em operar o equipamento;
3. Nunca **olhe para o sol com a luneta do equipamento**, isto pode causar danos irreversíveis para o operador;
4. O operador deve fazer as leituras ou mirar alvo sem colocar a mão no tripé, pois isto pode desnivelar a base provocando erro no levantamento;
5. **Não use a mira perto de redes elétricas**, a mira é feita de material que conduz energia elétrica;
6. Cuidado ao trabalhar com os equipamentos em áreas com matos, buracos, etc. Sempre certifique que o local de instalação do equipamento e de segurar a mira é seguro;
7. Use roupas adequadas com o máximo de proteção para as pernas e pés. Sempre use calçados fechados.

4 - Procedimento de campo no nivelamento geométrico.

Em campo será marcado pontos, nos quais deverão ser obtidas as cotas com nivelamento geométrico. Em suma os procedimentos são:

1. Estacionar o equipamento, observando os cuidados descritos no item 2 e 3;
2. Definir uma cota inicial em um dos marcos de acordo com a Superfície de Nível de Comparação (SNC) adotada;
3. Realizar as leituras e preencher a caderneta de campo sempre com atenção aos erros. Em campo deve-se proceder para minimizar os erros inerentes ao nivelamento.

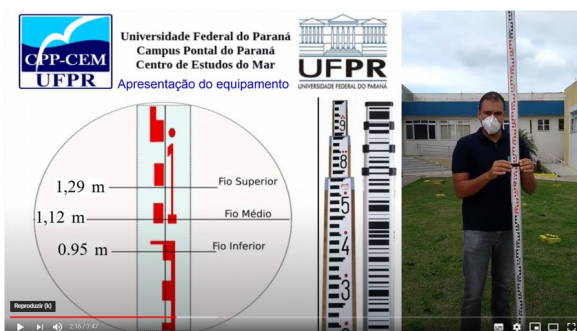
Os vídeos que seguem apresentam os procedimentos para se realizar um nivelamento geométrico:

Apresentação do equipamento



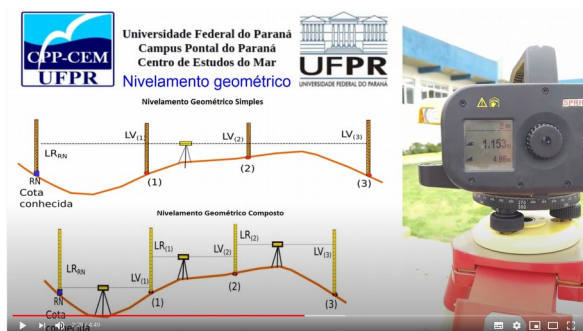
<https://youtu.be/vVh38el8qoU>

Apresentação do equipamento - régua



<https://youtu.be/POPPvUL-5-c>

Procedimento Nivelamento Geométrico



<https://youtu.be/--7ZQ5VNYiU>

Cuidado ao guardar o equipamento



<https://youtu.be/e9qqZk9rUxY>

5 – Procedimento de escritório no nivelamento geométrico;

Após o levantamento de campo, os procedimentos de escritório gerais são:

1. As cotas de todos os pontos de interesse, diferenças de nível e distâncias;
2. Observar o fechamento do nivelamento e se o mesmo está dentro da tolerância;
3. Apresentar plantas, perfis de terreno e demais desenhos necessários ao projeto;
4. Fazer relatório completo do levantamento.

6 – Cadernetas

Abaixo são apresentadas 2 tipos de cadernetas:

1. Caderneta para leitura digital, utilizando o código de barras da régua

2. Caderneta para a leitura de réguas pelos fios inferior, fio médio e o fio superior, utilizando a graduação numérica da régua.

Para determinação das cotas com as leituras digitais será usada a caderneta:

[illegible]

Para determinação das cotas utilizando os fios do retículo será utilizada a caderneta:

[illegible]

7 – Dados para realização da aula prática.

Os dados coletados no campo são apresentados na planilha que segue. Foi utilizado o equipamento *Leica Sprinter 150M*.

Foi realizado nivelamento e contranivelamento, sendo que foram realizadas leituras do Fio Inferior (FI), Fio Médio (FM) e Fio Superior (FS).

A Figura 1 mostra a localização dos pontos onde foi medido e devem ser determinadas as cotas. **Adotar a cota do ponto P1 correspondendo aos 3 últimos dígitos do GRR.**

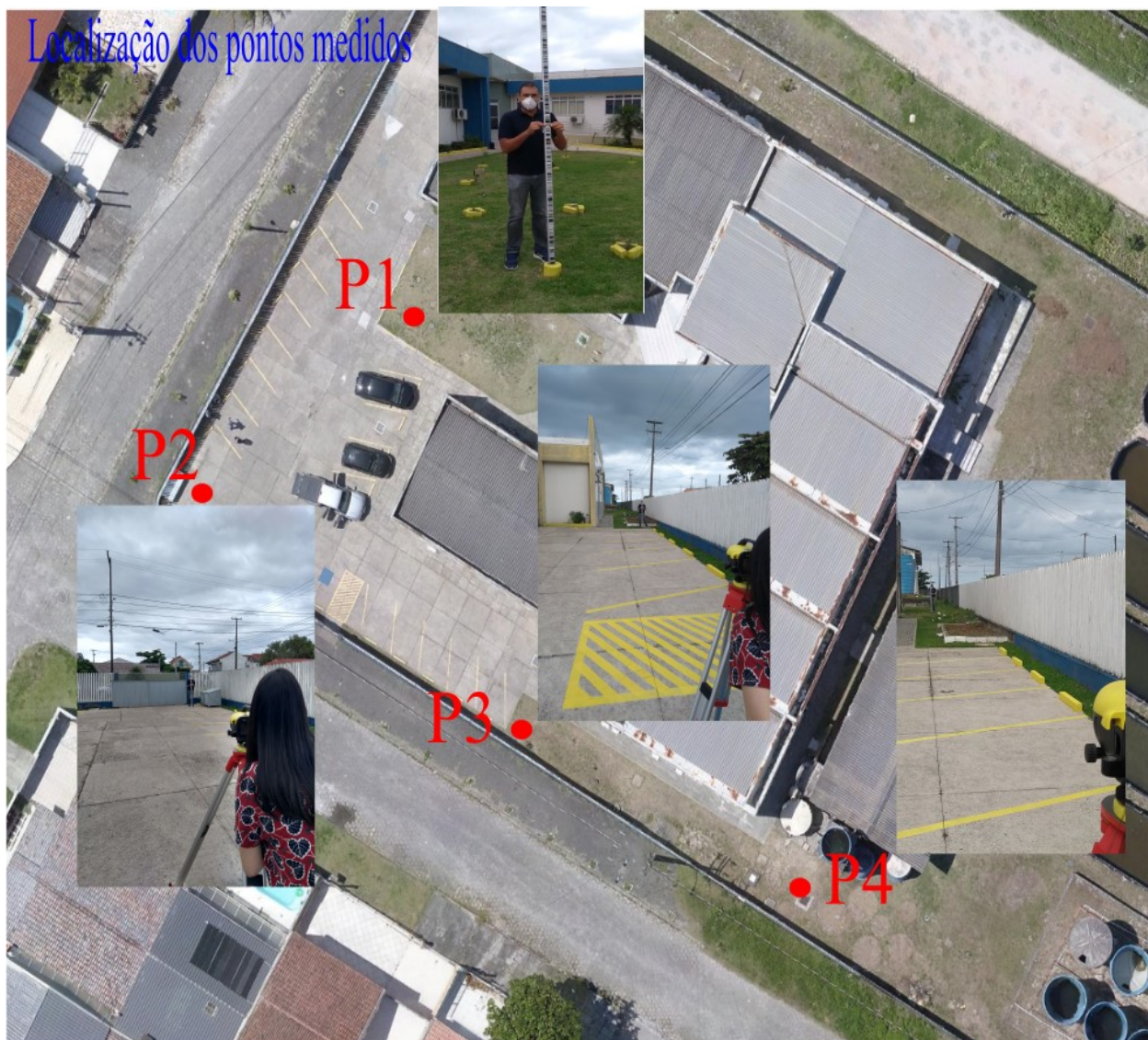


Figura 1 – Localização dos pontos medidos em campo.

Os dados medidos nos pontos localizados na Figura 1 são apresentados na tabela que segue. Os dados foram apenas anotados sem uma caderneta padrão e devem ser devidamente organizados em cadernetas utilizadas em nivelamentos.

Ponto	Nivelamento					
	RÉ			VANTE		
	Fio Superior	Fio médio	Fio inferior	Fio Superior	Fio médio	Fio inferior
P1	1,712	1,501	1,290			
P2	1,411	1,356	1,301	1,441	1,359	1,277
P3				1,435	1,349	1,262
P4				1,376	1,169	0,962

Ponto	Contranivelamento					
	RÉ			VANTE		
	Fio Superior	Fio médio	Fio inferior	Fio Superior	Fio médio	Fio inferior
P4	1,367	1,162	0,956			
P3				1,437	1,350	1,264
P2				1,421	1,355	1,290
P1				1,925	1,490	1,055

8 - Atividades

Com os dados apresentados determinar:

1. Pesquisar sobre as características do nível *Leica Sprinter 150M* e descrever as características do equipamento como classe, precisão, etc;
2. Organizar os dados anotados em cadernetas de nivelamento, conforme modelos apresentados ou da NBR 13133;
3. Verificar se a $(FS+FI)/2$ corresponde ao Fio Médio (FM) em todos os pontos medidos;
4. Calcular as cotas dos pontos P2, P3 e P4 com os dados coletados com a leitura dos fios estadimétricos. **Adotar a cota do ponto P1 correspondendo aos 3 últimos dígitos do GRR;**
5. Calcular as diferenças de nível entre os pontos;
6. Determinar a distância entre o equipamento e o ponto;
7. Determinar o perfil do terreno;
8. Verificar o fechamento do nivelamento. Qual foi o fechamento do nivelamento? Este nivelamento dentro da tolerância apresentada na NBR13133?
9. Apresentar um relatório completo sobre o nivelamento geométrico realizado. No relatório deve conter uma capa com o nome da disciplina, o número da aula prática, o curso, nome do discente e demais informações além de todas as atividades especificadas.

Os dados calculados devem ser apresentado em cadernetas de escritório utilizadas em nivelamento.

1 – Introdução

Existem métodos de nivelamento geométrico que minimizam os erros e em alguns casos facilitam a aplicação do nivelamento em obras de engenharia. O objetivo da aula prática 3 é realizar nivelamentos geométricos através dos seguintes métodos:

1. Visadas Iguais;
2. Visadas recíprocas;
3. Visadas equidistantes;
4. Visadas extremas.

2 - Procedimento de campo

Em campo foram utilizados 3 pontos A, B e C (2 lances), nos quais deverão ser obtidas cotas e diferenças de nível com os nivelamentos geométrico nos métodos visadas iguais, visadas recíprocas e visadas equidistantes e visadas extremas. A Figura 1 mostra a localização dos pontos:



Figura 01 – Localização dos pontos utilizados na determinação de cotas e diferenças de nível para os métodos visadas iguais, visadas recíprocas e visadas equidistantes e visadas extremas.

Os procedimentos de campo são explicados nos vídeos abaixo. No caso dos dados coletados nos pontos A, B e C usados nesta aula prática procedeu-se da seguinte forma:

1. Foram marcados os pontos nos quais deverão ser obtidos as cotas e diferenças de nível (A, B e C) por todos os métodos (visadas iguais, visadas recíprocas e visadas equidistantes e visadas extremas).
2. Foram realizadas as leituras utilizando o nível digital *Leica Sprinter 150 m*.

Abaixo vídeos dos procedimentos de campo que devem ser adotados em cada método.

Visadas Iguais

Universidade Federal do Paraná
Campus Pontal do Paraná
Centro de Estudos do Mar
Método das visadas iguais
Prof. Dr. Alexandre B. Lopes

LR - Leitura de Ré
LV - Leitura de Vante

<https://youtu.be/aA9kkU2nM>

Visadas recíprocas

Universidade Federal do Paraná
Campus Pontal do Paraná
Centro de Estudos do Mar
Método das visadas Recíprocas
Prof. Dr. Alexandre B. Lopes

Etapa I

Etapa II

hiA - Altura do equipamento em A
hiB - Altura do equipamento em B
LA+E - Leitura da mira em A mais o erro de colimação, curvatura e refração
LB+E - Leitura da mira em B mais o erro de colimação, curvatura e refração

<https://youtu.be/xWz0sZyliMk>

Visadas equidistantes

Universidade Federal do Paraná
Campus Pontal do Paraná
Centro de Estudos do Mar
Método das visadas equidistantes
Prof. Dr. Alexandre B. Lopes

ETAPA I

ETAPA II

LAi+E1 - Leitura da mira no ponto A na primeira etapa
E1 - Erro de colimação, curvatura e refração considerando D1
LB1 - Leitura da mira no ponto B na primeira etapa
E2 - Erro de colimação, curvatura e refração considerando D2
LAii+E2 - Leitura da mira no ponto A na segunda etapa
LBii - Leitura da mira no ponto B na segunda etapa
D1 - Distância 1
D2 - Distância 2

<https://youtu.be/o-qDyP-XxH4>

Visadas extremas

Universidade Federal do Paraná
Campus Pontal do Paraná
Centro de Estudos do Mar
Método das visadas extremas
Prof. Dr. Alexandre B. Lopes

LR - Leitura de Ré
LV - Leitura de Vante
RN - Cota da RN

hi - Altura do equipamento

<https://youtu.be/IPCgm6tOh3g>

3 - Caderneta de campo.

Os dados coletados para cada método devem ser organizados em cadernetas convenientes. A caderneta a ser apresentada deve conter:

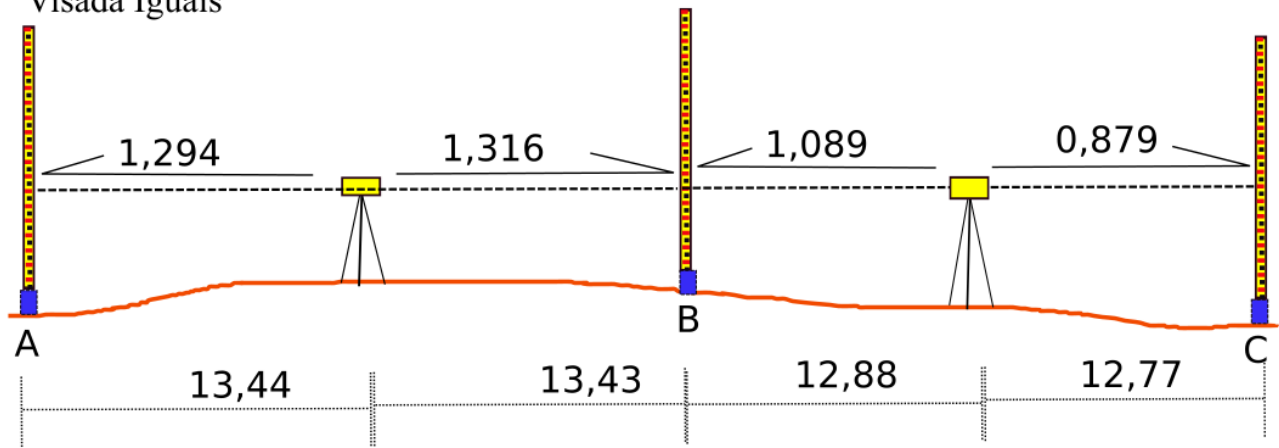
1. A identificação dos pontos.
2. As leituras de ré e vante;
3. A altura do instrumento (quando houver);
4. As cotas calculadas;
5. As diferenças de nível;
6. As observações pertinentes.

4 – Dados.

Os dados coletados para cada método encontram-se nas figuras abaixo. Os valores apresentados indicam as leituras realizadas:

Visadas Iguais

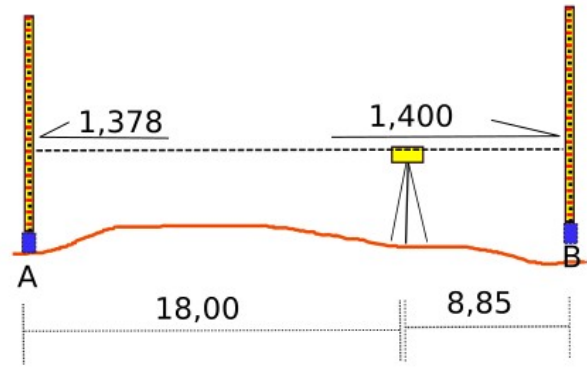
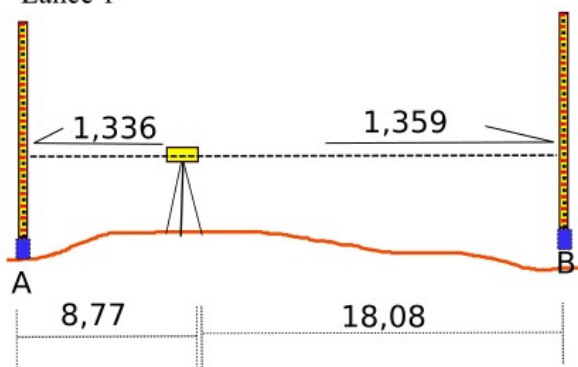
Visada Iguais



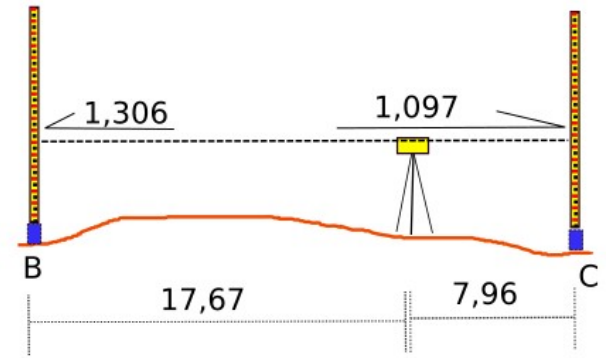
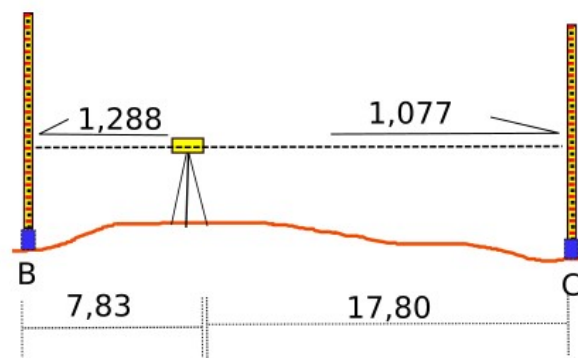
Visadas equidistantes

Visada Equidistantes

Lance 1



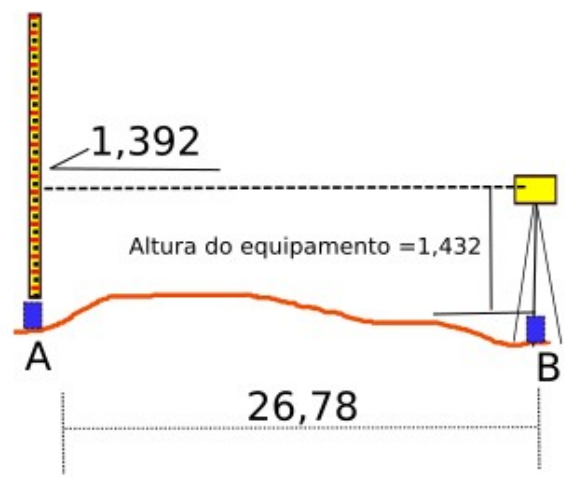
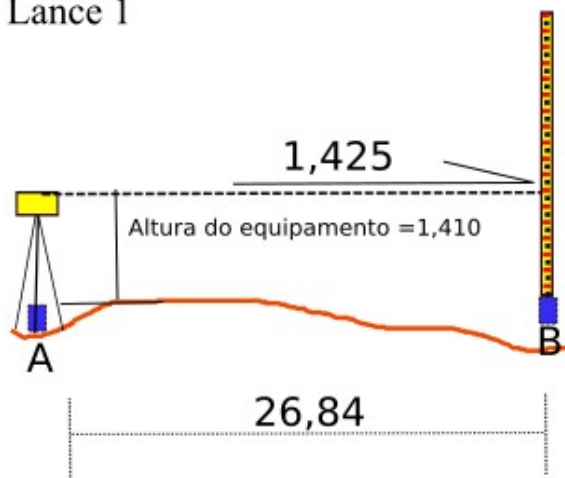
Lance 2



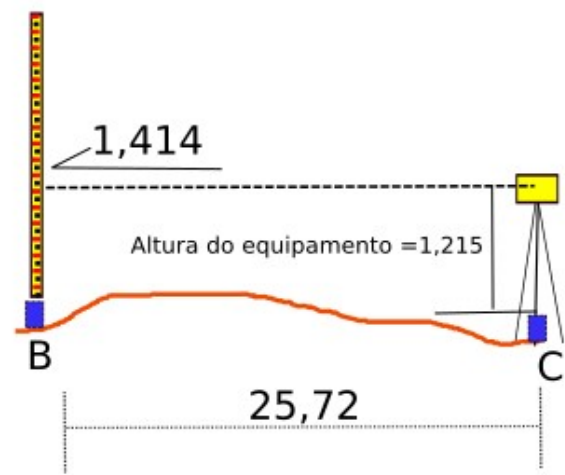
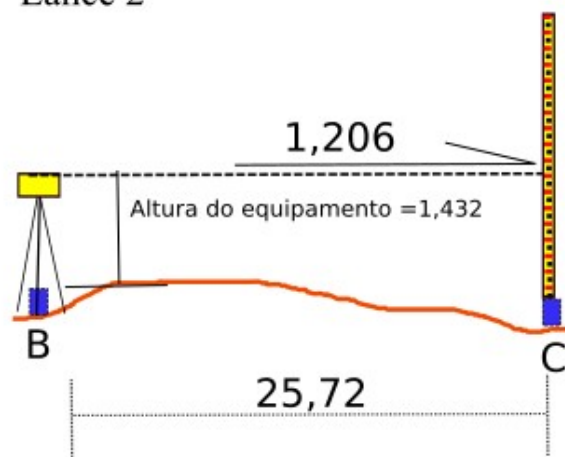
Visadas recíprocas

Visadas Recíprocas

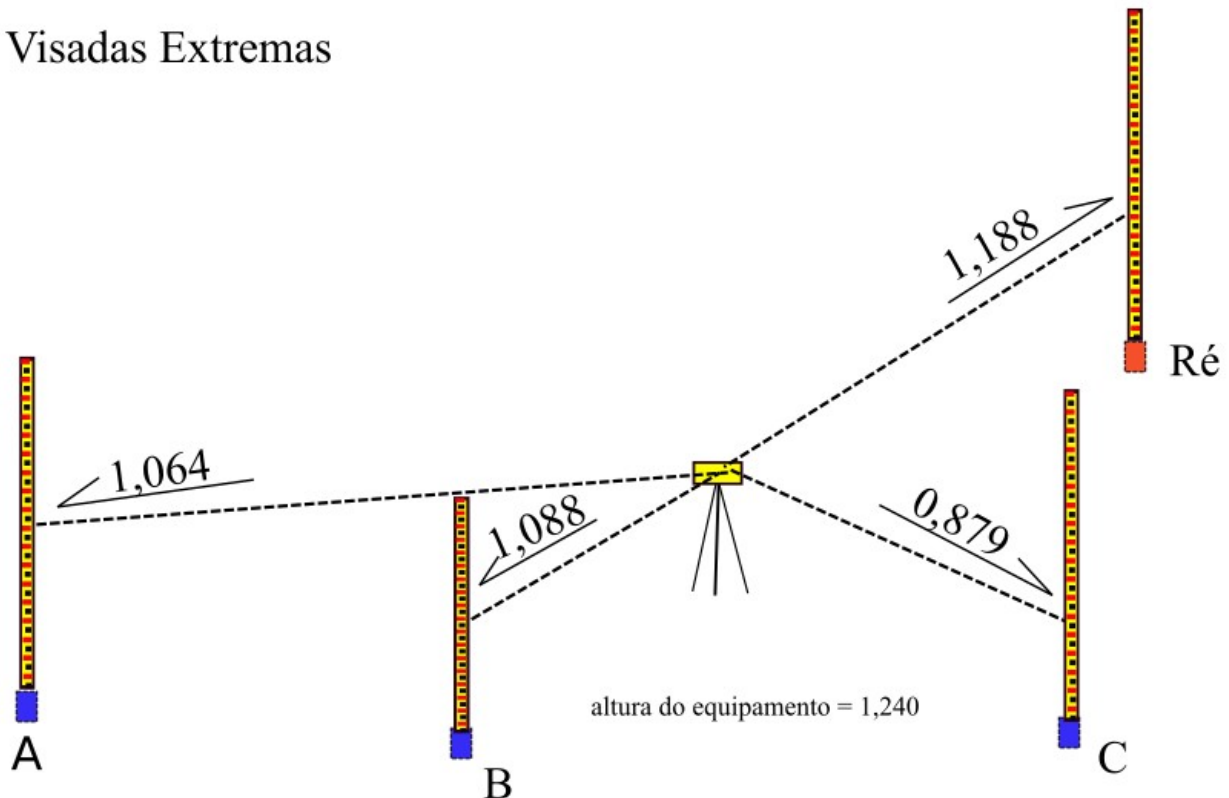
Lance 1



Lance 2



Visadas Extremas



5 – Atividades a serem desenvolvidas

Com os dados apresentados pede-se:

1. Organizar os dados em cadernetas de nivelamento, conforme indicado no tópico 3;
2. Determinar as cotas dos pontos A, B e C para cada método. Adotar a cota inicial do ponto A e da Ré (quando for o caso) como sendo os **últimos 2 números do GRR**;
3. Determinar as diferenças de nível entre os pontos para cada método;
4. No caso das extremas determinar as diferenças de nível utilizando: 1) a altura do equipamento medida e 2) a adoção de Ré. Houve diferenças nos resultados? Se sim, quais as possíveis causas?
5. Comparar as diferenças determinadas em cada método e verificar as diferenças;
6. Caso constate diferenças entre cada método discutir quais as possíveis fontes de erros;
7. Elaborar o relatório com as atividades



Topografia II Aula prática 3.

Disciplinas: Topografia II

Professor: Alexandre Bernardino Lopes

Assunto: Nivelamento Trigonométrico

Turma:

1 – Objetivo

O objetivo da aula prática é realizar um nivelamento e contranivelamento trigonométrico utilizando estação total *Leica TS06 plus*.

2 - Procedimento de campo

Em campo foram marcados os pontos onde foi realizado o nivelamento e contranivelamento trigonométrico. Em suma os procedimentos são:

1. Marcar os pontos em que as cotas deverão ser determinadas;
2. Estacionar o equipamento, observando os cuidados já especificados na aula prática 1;
3. Estabelecer uma cota inicial no marco de referência de acordo com a Superfície de Nível de Comparação (SNC) adotada, conforme explicado na aula prática 1;
4. Realizar as leituras e preencher as cadernetas de campo.

Nesta aula prática foram utilizados os pontos mostrados na figura abaixo.

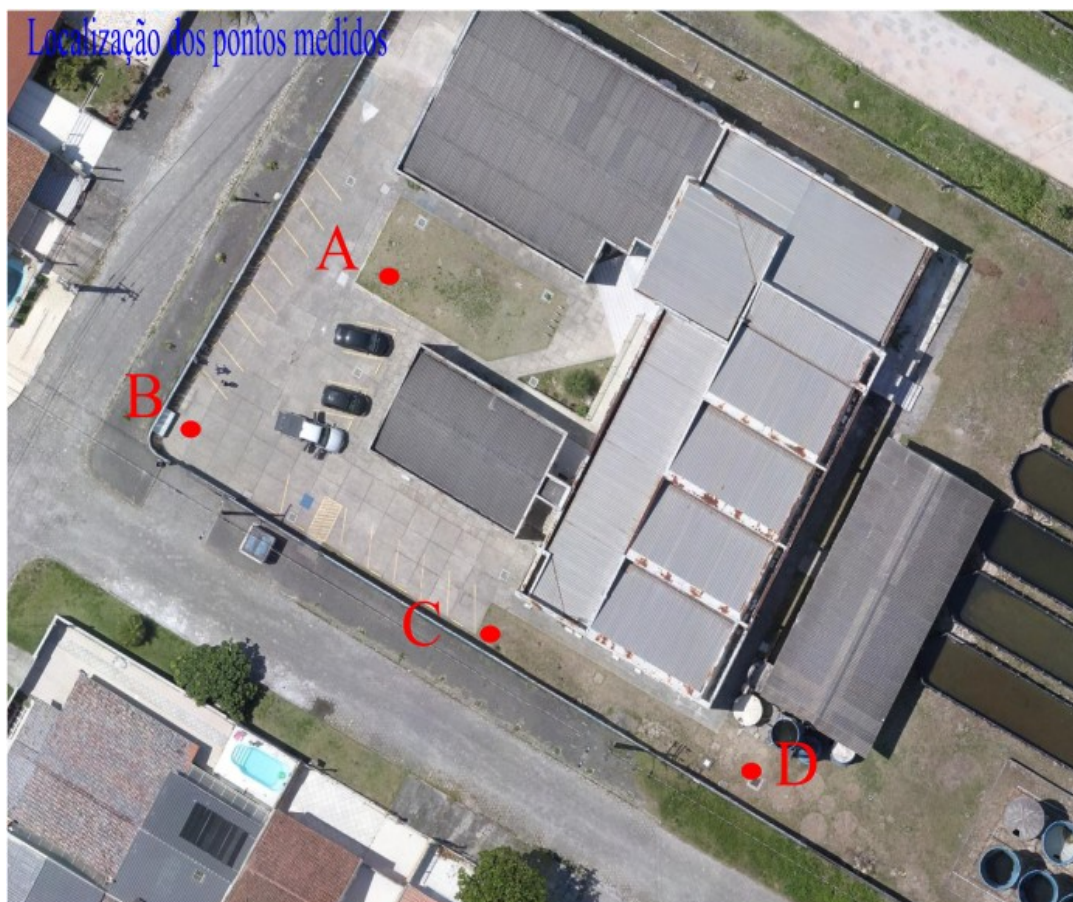


Figura 01 – Localização dos pontos onde foi realizado o nivelamento trigonométrico

O procedimento para se estacionar o equipamento topográfico pode ser revisto em vídeo no [link](#):



<https://www.youtube.com/watch?v=PvJgpq6lsdU&t=249s>

O nivelamento trigonométrico é feito conforme explicado nos vídeos:

Nivelamento trigonométrico – Parte 1	Nivelamento trigonométrico – Parte 2
https://www.youtube.com/watch?v=tReYIF6KxVg	https://www.youtube.com/watch?v=ffZ6oYZxfrQ

3 – Procedimento de escritório

No escritório segue os seguintes procedimentos:

1. Organização dos dados em cadernetas de nivelamento trigonométrico;
2. Determinação das cotas e diferenças de nível;
3. Desenho de perfis de terrenos e demais formas de representar o relevo topográfico conforme a aplicação.

4 – Caderneta

Para o nivelamento trigonométrico pode ser adotada a caderneta de nivelamento trigonométrico mostrada abaixo.

[illegible]

5 – Dados de campo.

Os dados da tabela abaixo são resultados das medições nos pontos A, B, C e D utilizados nesta aula prática.

Nivelamento trigonométrico			
Nivelamento		Contranivelamento	
Ponto A visando Ponto B		Ponto D visando Ponto C	
altura instrumento	1,4 m	altura instrumento	1,25 m
altura do prisma	1,3 m	altura do prisma	1,30 m
ângulo vertical	90°54'02"	ângulo vertical	90°25'08"
Distância horizontal	19,752 m	Distância horizontal	24,809 m
Distância inclinada	19,754 m	Distância inclinada	24,810 m
Ponto B visando Ponto C		Ponto D visando Ponto B	
altura instrumento	1,55 m	altura instrumento	1,25 m
altura do prisma	1,3 m	altura do prisma	1,30 m
ângulo vertical	90°34'33"	ângulo vertical	90°09'25"
Distância horizontal	27,704 m	Distância horizontal	52,449 m
Distância inclinada	27,705 m	Distância inclinada	52,450 m
Ponto B visando Ponto D		Ponto B visando Ponto A	
altura instrumento	1,5 m	altura instrumento	1,46 m
altura do prisma	1,3 m	altura do prisma	1,30 m
ângulo vertical	90°03'30"	ângulo vertical	89°42'05"
Distância horizontal	52,437 m	Distância horizontal	19,765 m
Distância inclinada	52,437 m	Distância inclinada	19,765 m

6 – Atividades

Com os dados e os procedimentos mostrados fazer:

1. Organizar os dados em caderneta adequada;
2. Calcular a cota dos pontos B, C e D, **sendo que a cota do Ponto A adotada deve ser igual aos 2 últimos números do GRR;**
3. Calcular as cotas no contranivelamento e observar os resultados. O Nivelamento fechou ?
Faça uma análise do erro;
4. Apresentar o relatório.



Aula prática 4 – Levantamento Planialtimétrico

Disciplinas: Topografia I

Professor: Alexandre Bernardino Lopes

Assunto: Levantamento Planialtimétrico

Turma:

1 – Introdução

A NBR 13133 define levantamento planialtimétrico como levantamento topográfico planimétrico acrescido da determinação altimétrica do relevo do terreno e da drenagem natural, assim o objetivo desta aula prática é realizar um levantamento planialtimétrico nas dependências do CEM/UFPR.

Os dados anotados deverão ser organizados e a planta apresentada deve obter pontos cotados pré-definidos.

Como o terreno levantado é pouco acidentado não será exigido curvas de nível.

2 - Procedimentos de campo

Nesta aula prática foram adotados os seguintes procedimentos de campo:

1. Antes de iniciar as medições foi feito um planejamento do levantamento e definição dos pontos de poligonal de acordo com os itens a serem levantados;
2. O equipamento foi estacionado nos pontos de poligonal pré-definidos considerando todos os cuidados com a segurança do equipamento e do operador;
3. Obteve-se o azimute do alinhamento P1-P2 ($222^{\circ}23'25''$);
4. Os ângulos medidos em campo foram horários;
5. O caminhamento foi horário;
6. Foram adotados todos os critérios para minimizar os erros aleatórios;
7. As medições não foram registradas em cadernetas de levantamento planialtimétrico para que o discente possa exercitar a organização de dados em cadernetas

Local do levantamento

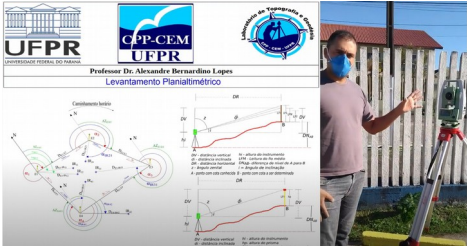
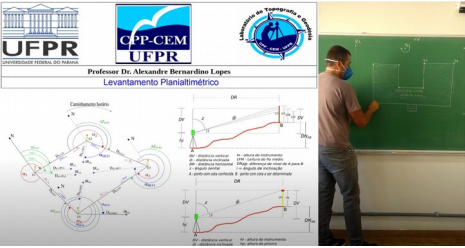
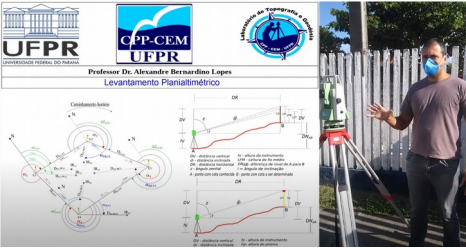
A Figura 01 mostra a foto aérea do CPP-CEM-UFPR, unidade Mirassol, onde foi realizado o levantamento. Os pontos P1, P2, P3, P4 e P5 são estações, ou seja, o vértice da poligonal.



Figura 01 – Local onde foi realizado o levantamento topográfico

Vídeos explicativos da aula prática.

Abaixo os *links* dos vídeos desta aula prática.

Parte 1	Parte 2	Parte 3
 https://youtu.be/wc4DCkl6ehQ	 https://youtu.be/rQ76O_psOR8	 https://youtu.be/ERwp-vRR44E

3 – Dados levantados em campo

A Figura 02 mostra o croqui feito em campo. Este croqui deve ser usado para a organização dos dados em caderneta.

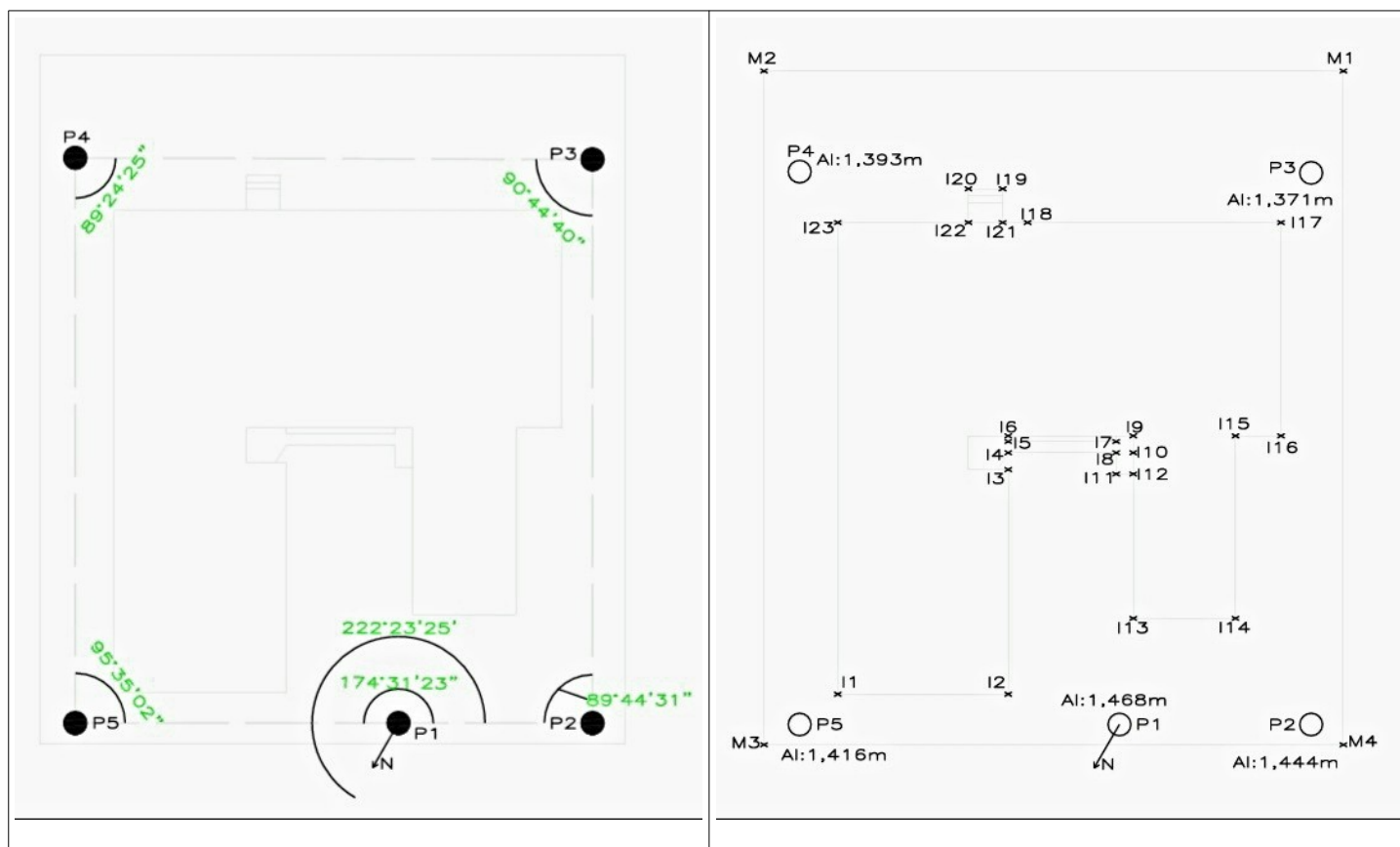


Figura 02 – Croqui do levantamento. Na Figura da esquerda são indicados o Azimute do alinhamento P1-P2 ($222^{\circ}23'25''$) e os demais ângulos medidos nos vértices da poligonal. Na Figura da direita são indicadas todas as irradiações.

Os dados obtidos na medição dos pontos mostrados da poligonal são mostrados na Tabela 01. Os dados de altura do equipamento encontra-se na Figura 02 (figura da direita)

Tabela 01 – Dados da poligonal

PONTO P1			
RÉ		VANTE	
Hz		Hz	174°31'23"
V	90°18'33"	V	90°45'32"
DH	26,616	DH	16,732
DI	26,616	DI	16,734

PONTO P2			
RÉ		VANTE	
Hz		Hz	89°44'31"
V	90°21'42"	V	90°16'32"
DH	16,755	DH	48,448
DI	16,756	DI	48,448

PONTO P3			
RÉ		VANTE	
Hz		Hz	90°44'40"
V	89°58'55"	V	89°50'22"
DH	48,452	DH	43,123
DI	48,452	DI	43,123

PONTO P4			
RÉ		VANTE	
Hz		Hz	89°24'25"
V	90°23'02"	V	90°10'33"
DH	43,128	DH	46,289
DI	43,129	DI	46,289

PONTO P5			
RÉ		VANTE	
Hz		Hz	95°35'02"
V	90°05'40"	V	90°17'37"
DH	46,284	DH	26,616
DI	46,284	DI	26,617

Observações:	
Azimute do alinhamento PI-P2:	
Hz: 222°23'25"	

Os dados das irradiações são mostrados na Tabela 02.

Tabela 02 – Dados da poligonal

I1	I2	I3	I4	I5	I6
Hz 56°15'11"	Hz 76°28'15"	Hz 113°15'53"	Hz 116°06'36"	Hz 116°48'04"	Hz 117°08'17"
V 90°18'18"	V 90°47'54"	V 90°19'40"	V 88°12'54"	V 88°18'13"	V 88°19'06"
DH 25,079	DH 10,163	DH 24,745	DH 29,481	DH 30,802	DH 31,411
DI 25,079	DI 10,164	DI 24,745	DI 29,495	DI 30,816	DI 31,425
hp 1,30	hp 1,30	hp 1,30	hp 1,30	hp 1,30	hp 1,30
I7	I8	I9	I10	I11	I12
Hz 134°01'53"	Hz 133°53'08"	Hz 136°49'56"	Hz 137°13'33"	Hz 134°01'44"	Hz 138°02'44"
V 89°38'35"	V 89°31'53"	V 89°37'03"	V 89°31'54"	V 90°30'54"	V 90°32'08"
DH 30,204	DH 28,126	DH 30,241	DH 27,451	DH 21,469	DH 21,561
DI 30,204	DI 28,127	DI 30,242	DI 27,452	DI 21,470	DI 21,562
hp 1,30	hp 1,30	hp 1,30	hp 1,30	hp 1,30	hp 1,30
I13	I14	I15	I16	I17	I18
Hz 140°47'24"	Hz 171°57'57"	Hz 79°26'12"	Hz 86°36'20"	Hz 88°13'43"	Hz 88°30'59"
V 90°47'37"	V 90°39'27"	V 89°45'26"	V 90°25'17"	V 90°17'35"	V 90°05'21"
DH 13,713	DH 17,424	DH 29,593	DH 29,110	DH 47,054	DH 28,440
DI 13,714	DI 17,426	DI 29,593	DI 29,111	DI 47,054	DI 28,440
hp 1,30	hp 1,30	hp 1,55	hp 1,30	hp 1,30	hp 1,30
M1	I19	I20	I21	I22	I23
Hz 200°50'21"	Hz 350°12'34"	Hz 348°33'26"	Hz 05°03'59"	Hz 05°48'29"	Hz 25°12'02"
V 89°54'52"	V 91°12'27"	V 91°23'41"	V 86°25'01"	V 85°52'06"	V 94°35'42"
DH 11,096	DH 14,849	DH 12,811	DH 14,646	DH 12,612	DH 2,973
DI 11,097	DI 14,852	DI 12,815	DI 14,675	DI 12,645	DI 2,982
hp 1,30	hp 1,30	hp 1,30	hp 1,30	hp 1,30	hp 1,30
M2	M3	M4			
Hz 261°11'13"	Hz 235°58'23"	Hz 96°31'24"			
V 91°01'10"	V 94°51'05"	V 90°19'05"			
DH 10,904	DH 2,400	DH 45,119			
DI 10,906	DI 2,409	DI 45,119			
hp 1,30	hp 1,30	hp 1,30			

	Irradiações obtidas de P1									
	Irradiações obtidas de P2									
	irradiação obtidas de P3									
	Irradiações obtidas de P4									
	Irradiações obtidas de P5									

As irradiações do ponto P1 estão orientadas no norte.

Os dados apresentados nas tabelas devem ser organizados em cadernetas de campo adequadas para levantamento planialtimétrico.

4 – Caderneta de campo e escritório.

Os dados coletados em campo deverão ser organizados em caderneta de campo e escritório. Pode ser utilizado os modelos que seguem.

Caderneta de campo

LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO											
						caderneta de campo					
Imóvel						Instrumento					
Operador						Data					
Local						Folha					
Azimute inicial: 124°											
		Vante		Azimute		Distâncias					
Ré	Estaca	Irrad.	Ângulo Horário	Lido	Calculado	Reduzida	Inclinada	Alt. Prisma	Alt. Instr.	ângulo Vertical	Observação

Caderneta de escritório

LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO											
Caderneta de Escritório											
Imóvel					Instrumento						
Calculista					Data						
Local					Folha						
Azimute inicial:											
Estaca	Pt Visado	Azimutes	Âng. Vertical	Distancia Reduzida	Dif. Nível ΔZ corrigida	Cotas	ΔX corrigida	X	ΔY corrigida	Y	OBS

Caderneta de escritório para poligonal

LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO															
Caderneta de escritório – Poligonal															
Imóvel										Instrumento					
Calculista										Data					
Local										Folha					
Azimute inicial:															
Estaca	Pt Visado	Azimutes	Ang. Vertical	Alt. Prisma	Alt. inst.	Distancia Reduzida	Dif. Nível		Cotas	Cex	ΔX corr	Cey	ΔY corr	X	Y

5 – Cálculo de coordenadas

As coordenadas (poligonal e irradiações) devem ser calculadas. Lembrando que as coordenadas do ponto P1 deve ser atribuídas. A coordenada do ponto PI deve ser atribuída da seguinte forma:

- Considere os 3 últimos números do GRR;
- Para o valor de X adote o antepenúltimo do número do GRR e acrescente 3 zeros;
- Para o valor de Y o penúltimo número do GRR e acrescente 3 zeros;
- Para o valor de Z o último e acrescente 2 zeros;
- Caso um deste 3 números ser zero substitua por 1.

Exemplo de um GRR terminado em 234. As coordenadas do ponto P1 serão: X = 2000, Y=3000 e Z=400

6 – Atividades

Com os dados coletados fazer as seguintes atividades:

1. Organizar os dados em cadernetas de campo;
2. Apresentar uma caderneta de escritório com as coordenadas da poligonal, erro de fechamento linear, angular e altimétrico. Adote as coordenadas do ponto P1 de acordo com as orientações do tópico 5 deste roteiro;
3. Apresentar uma caderneta de escritório para as irradiações (caderneta completa). Lembrar que as coordenadas das irradiações devem ser calculadas a partir das coordenadas de poligonal corrigidas;
4. Analisar erro de fechamento angular e observar se o mesmo está dentro da tolerância, ver NBR 13133;
5. Analisar erro de fechamento linear e verificar se o mesmo está dentro da tolerância, ver NBR 13133;
6. Analisar o erro altimétrico e verificar se o mesmo está dentro da tolerância;
7. Desenhar a planta do local obedecendo as normas de desenho;
8. Na planta deve conter os seguintes pontos cotados: P1, P2, P3, P4, P5, I3, I16, I7, I11, I20, I19, I22, I21.
9. Apresentar um relatório com a planta em anexo com análise dos erros de fechamento angular, linear e altimétrico.

A planta a ser apresentada deve estar dentro das normas de desenho técnico. A Figura 03 mostra um exemplo de planta topográfica.

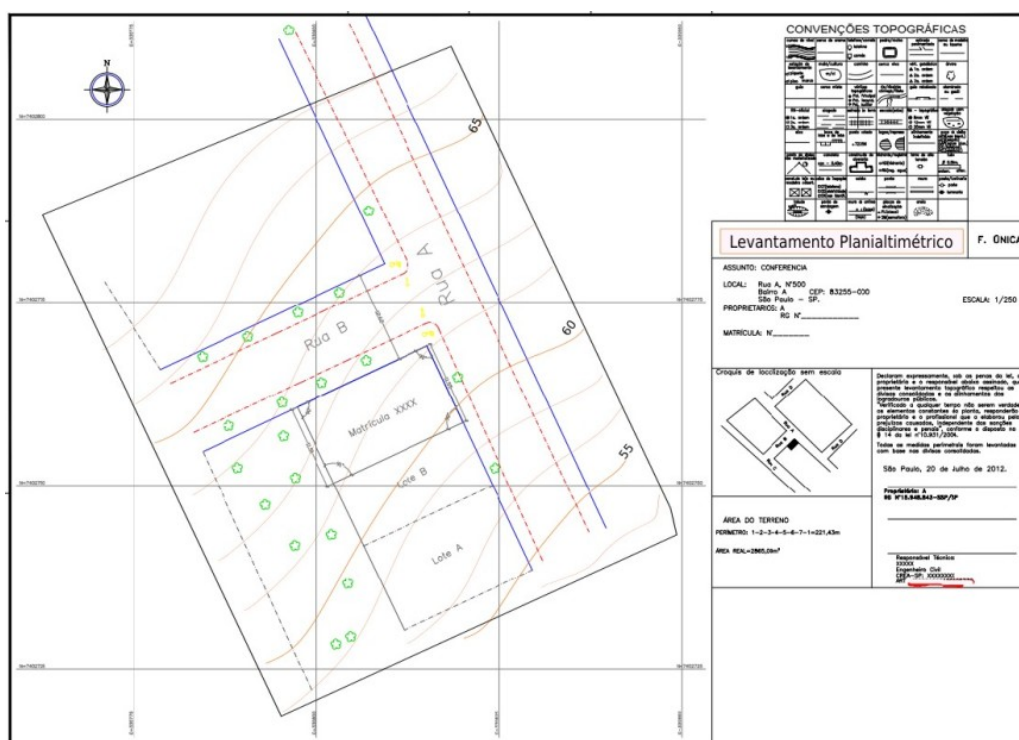


Figura 03 – Exemplo de planta topográfica

7 – Revisão de conceitos

Junto com este roteiro será disponibilizado as “Notas de aulas de Topografia I”. Na “Aula teórica 07: Tipos de Poligonais/Método das Irradiações” e “Aula teórica 08: Instrumentos topográficos/Procedimentos de campo/Caderneta de campo/Cadernetas de escritório/Croqui/ Pontos de apoio e pontos de detalhe.” pode ser feita a revisão de fechamento de poligonal, cálculo de erros e de coordenadas.

Na aula “*Aula teórica 10: Escala/unidades de medidas/Carta, Mapa, Planta/ Desenho Topográfico*” é discutido conceitos de desenho topográfico.



Aula prática 5 – Interpolação

Disciplinas: Topografia I

Professor: Alexandre Bernardino Lopes

Assunto: Levantamento Planialtimétrico

Turma:

Interpolação de dados para representação de relevo topográfico.

Introdução

A Aula Prática 05 tem como objetivo familiarizar o discente com a interpolação de dados. Serão fornecidos dados (ANEXO 1) que poderão ser copiados e colados em uma planilha eletrônica para inserção de dados no software que será usado para interpolar.

Atividades a serem desenvolvidas.

1) Com os dados de altimetria fornecidos (ANEXO 1) faça.

a) Insira os pontos fornecidos no Qgis;

b) Interpole os dados de altimetria e elabore um Modelo Digital de Elevação (MDE);

c) Apresente no mapa altimétrico a escala gráfica, legenda, moldura, grades, coordenadas, dados do autor, conforme exemplo da figura que segue.

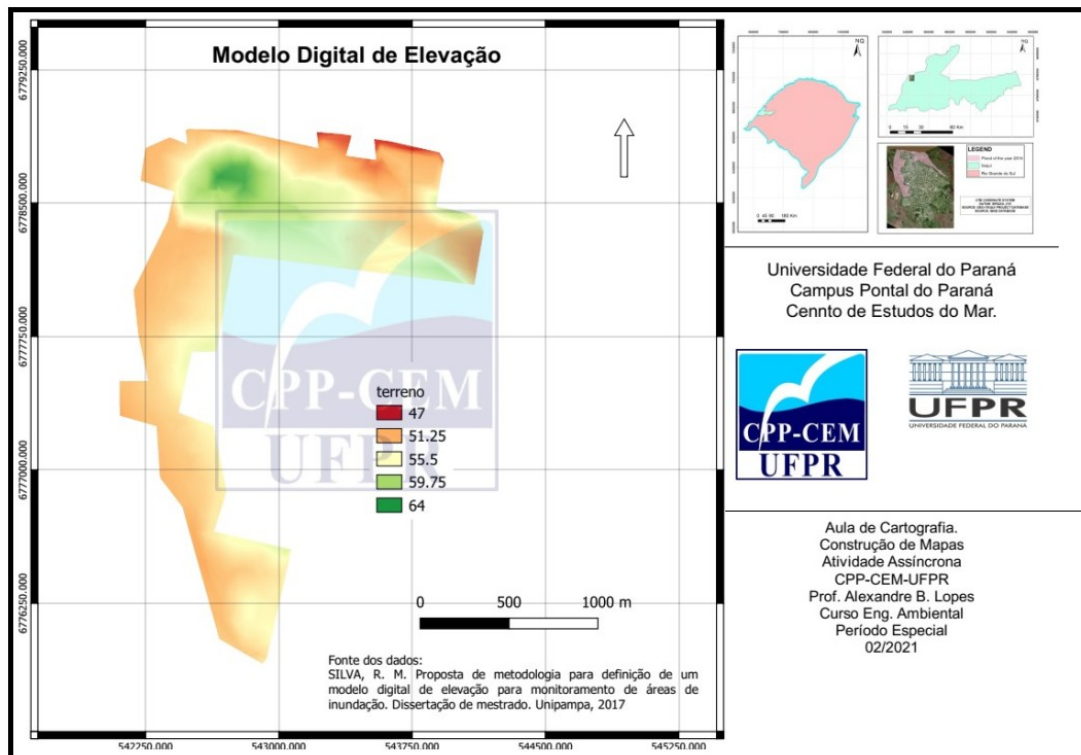


Figura 1 – Exemplo de MDE gerado.

ANEXO 1

Os dados que seguem devem ser copiados em uma planilha eletrônica e inserido no Qgis.
As coordenadas X e Y são coordenadas UTM e as coordenadas Z são altitudes ortométricas.

Os dados foram obtidos de:

SILVA, R. M. Proposta de metodologia para definição de um modelo digital de elevação para monitoramento de áreas de inundação. Dissertação de mestrado. Unipampa, 2017.

X	Y	Z
543132,164	6778417,879	58,422
543134,615	6778794,301	52,222
543079,090	6778805,334	52,588
543026,410	6778806,562	53,068
543604,100	6778509,662	53,249
543650,484	6778499,907	53,042
543637,331	6778393,902	52,637
543608,798	6778392,870	52,573
543403,666	6778436,433	55,549
543414,845	6778294,931	54,559
543472,142	6778293,105	54,172
543503,143	6778277,323	53,769
543555,119	6778266,389	54,469
543155,341	6778790,883	52,066
543105,736	6778800,548	52,324
543059,158	6778809,457	52,780
543536,664	6778526,483	54,379
543628,826	6778513,673	53,247
543679,150	6778495,315	53,104
543659,154	6778390,081	52,611
543574,431	6778408,297	52,944
543424,073	6778433,224	55,191
543377,127	6778301,266	54,139
543441,487	6778299,888	54,308
543579,273	6778261,668	55,140
543602,618	6778256,928	56,042
543871,074	6778454,165	55,949
543897,226	6778447,657	56,327
543889,572	6778350,028	52,415
543909,639	6778344,017	52,060
543986,035	6778328,708	51,463
543990,136	6778469,349	59,326
544044,154	6778417,688	56,718
544124,067	6778380,042	54,371
544113,877	6778305,383	50,668
544079,281	6778151,961	50,576
544132,939	6778007,340	53,103
543909,756	6778440,671	56,396
543907,697	6778422,011	55,859
543904,607	6778387,007	54,391
543930,833	6778340,937	51,890
543961,719	6778334,316	51,792
543987,854	6778440,157	57,757
544071,495	6778409,435	56,026
544115,024	6778346,298	51,773
544165,847	6778299,054	50,485
544075,405	6778124,943	50,937
544115,206	6778012,447	53,517
543940,470	6778437,926	56,965
543962,997	6778434,116	57,242
543971,243	6778398,842	55,479
543966,249	6778371,904	53,834
543962,766	6778350,909	52,435
544004,819	6778432,846	57,710
544094,271	6778404,751	55,860
544118,232	6778358,575	52,369
544094,742	6778243,092	50,319
544056,496	6778060,888	54,387
544092,528	6778017,838	54,253
544158,088	6777999,225	52,425
543918,642	6778442,028	56,669
543979,643	6778428,534	57,390
543973,592	6778408,933	56,123
543968,600	6778382,980	54,520
543964,111	6778360,938	53,100
544020,108	6778421,178	57,379
544124,246	6778398,817	55,082

544119,938	6778369,783	53,447
544085,754	6778194,762	50,337
544049,450	6778034,974	56,451
544059,005	6778021,193	56,395
544185,804	6777992,276	51,514
542251,834	6778810,088	51,866
542360,456	6778614,306	52,976
542422,222	6778608,270	55,264
542493,659	6778617,450	57,536
542509,793	6778712,012	56,036
542333,428	6778784,447	52,120
542228,833	6778666,877	52,158
542228,832	6778666,872	52,145
542398,571	6778610,725	54,098
542464,620	6778597,222	56,275
542506,638	6778693,884	56,380
542267,644	6778655,271	52,117
542447,357	6778601,461	55,853
542485,539	6778593,727	57,367
542497,948	6778646,149	57,228
542293,956	6778646,471	52,284
542375,669	6778615,130	53,317
542499,374	6778592,691	57,848
542503,484	6778674,009	56,862
542477,169	6778482,686	57,604
542496,095	6777724,874	55,822
542359,514	6777749,685	53,930
542464,942	6778415,016	55,502
542426,051	6778354,417	52,189
542425,464	6778205,365	52,324
542405,005	6778081,794	52,814
542386,313	6777972,262	52,673
542368,862	6777864,535	53,059
542312,929	6777917,072	52,438
542339,017	6778075,191	52,354
542403,486	6778214,117	52,040
542333,410	6777686,933	54,295
542344,501	6777601,590	54,079
542405,446	6777589,461	55,171
542299,260	6777536,513	53,356
542168,328	6777473,239	52,408
542280,317	6777407,525	53,032
542141,082	6777331,304	51,746
542396,891	6777244,411	53,205
542382,477	6777164,984	52,633
542425,803	6777432,798	54,876
542438,128	6777468,977	55,399
542483,921	6777667,490	55,958
542469,871	6778445,815	56,372
542459,269	6777568,202	55,936
542462,169	6778406,011	55,192
542455,300	6778369,445	53,362
542411,679	6777738,551	54,840
542264,605	6777759,668	52,904
542438,369	6778269,668	52,065
542411,093	6778118,592	52,596
542391,511	6777996,794	52,653
542374,299	6777900,493	53,012
542277,209	6777921,824	52,189
542297,184	6778086,190	52,002
542328,024	6778230,351	51,951
542345,571	6777743,437	53,709
542313,882	6777604,811	53,869
542379,606	6777594,619	54,479
542282,552	6777460,362	53,088
542105,621	6777487,326	52,327
542184,429	6777323,787	52,045
542107,085	6777335,918	51,405
542397,068	6777277,733	53,076
542413,104	6777349,665	53,791
542425,647	6777414,273	54,545
542300,695	6777447,558	53,226
542449,705	6777525,798	55,754
542460,440	6777568,132	56,024
542473,537	6778468,163	57,167
542474,946	6777635,498	55,979
542447,346	6778334,018	52,167
542468,254	6777728,846	55,572
542433,061	6778238,446	52,290
542342,248	6777751,981	53,552
542415,861	6778148,015	52,358
542224,653	6777772,100	52,280
542396,017	6778032,191	52,700
542381,535	6777946,100	52,718

542363,631	6777834,599	53,158
542352,880	6777908,472	52,599
542237,161	6777928,953	51,861
542244,067	6778096,849	51,878
542340,658	6777719,647	54,013
542320,578	6777632,053	53,957
542446,169	6777582,838	55,661
542290,952	6777495,519	53,374
542212,847	6777462,602	52,802
542278,636	6777447,952	53,129
542266,732	6777365,925	52,810
542343,790	6777288,245	52,886
542407,337	6777320,122	53,536
542417,879	6777374,304	54,133
542346,304	6777441,365	53,696
542454,318	6777546,653	55,849
542471,351	6778455,322	56,657
542381,541	6777434,942	54,172
542459,593	6778391,736	54,765
542441,504	6777498,468	55,593
542467,363	6777605,795	56,030
542452,589	6778355,330	52,663
542499,801	6777702,250	55,929
542442,830	6778298,509	52,057
542433,257	6777736,013	55,216
542421,599	6778176,640	52,298
542306,834	6777757,691	53,223
542400,569	6778059,444	52,881
542378,706	6777923,536	52,938
542356,362	6777804,754	53,264
542348,023	6777758,557	53,597
542199,249	6777935,861	51,700
542399,148	6778062,023	52,802
542361,132	6778223,395	51,917
542326,866	6777658,731	54,085
542288,475	6777605,752	53,420
542305,420	6777572,448	53,481
542252,758	6777462,036	53,076
542135,430	6777480,499	52,365
542254,322	6777311,193	52,505
542296,488	6777298,402	52,483
542390,870	6777199,571	52,845
542366,904	6777131,618	52,459
543167,427	6778778,533	52,117
543598,024	6778689,742	50,638
543221,621	6778739,691	52,080
543650,532	6778676,334	51,897
543211,477	6778691,166	53,164
543711,030	6778708,046	52,591
543201,076	6778647,344	55,144
543751,045	6778801,757	47,426
543206,621	6778606,722	56,451
543704,299	6778562,973	52,119
543236,200	6778591,510	56,462
543305,160	6778649,632	54,511
543542,752	6778613,877	51,381
543308,288	6778688,973	53,638
543315,148	6778740,311	52,199
543269,153	6778750,870	51,834
543341,132	6778828,360	49,697
543349,357	6778863,069	48,935
543351,241	6778888,493	48,796
543240,532	6778784,573	51,590
543238,334	6778890,059	48,238
543339,572	6778734,562	52,108
543371,744	6778670,205	52,215
543356,947	6778593,760	56,115
543425,975	6778610,074	53,940
543433,630	6778647,456	51,726
543516,987	6778708,612	49,635
543574,904	6778722,403	50,285
543582,563	6778786,790	52,227
543580,771	6778824,417	49,904
543218,515	6778768,282	51,886
543574,448	6778836,785	48,821
543218,425	6778727,628	52,268
543611,357	6778678,757	50,680
543203,896	6778658,171	54,631
543682,253	6778669,684	52,482
543199,830	6778611,976	56,344
543739,123	6778744,008	51,764
543170,539	6778613,919	56,347
543720,062	6778637,500	52,258
543277,775	6778579,922	56,183

543542,626	6778589,767	51,954
543310,430	6778702,992	53,228
543327,382	6778735,681	52,305
543328,156	6778776,604	51,436
543334,814	6778803,293	50,599
543345,663	6778847,699	49,096
543350,610	6778870,147	48,955
543252,817	6778832,227	51,664
543243,003	6778864,171	49,720
543359,868	6778729,941	51,869
543385,315	6778690,604	51,809
543360,020	6778609,830	55,563
543419,475	6778581,703	55,000
543439,109	6778669,723	51,260
543496,964	6778715,966	49,709
543575,250	6778736,990	50,286
543578,567	6778772,741	51,847
543192,489	6778773,394	51,922
543630,781	6778681,100	51,359
543225,952	6778760,223	51,730
543723,711	6778657,129	52,417
543219,334	6778710,949	52,664
543736,809	6778768,223	51,407
543207,152	6778677,334	53,653
543747,937	6778790,419	49,263
543198,744	6778639,558	55,456
543707,248	6778579,512	52,270
543137,610	6778621,568	56,175
543255,679	6778585,406	56,193
543534,431	6778570,968	52,620
543290,633	6778617,241	55,288
543309,899	6778666,460	54,089
543323,742	6778720,859	52,675
543337,348	6778813,384	50,184
543342,748	6778836,404	49,447
543352,713	6778878,367	48,891
543248,362	6778847,159	50,965
543237,174	6778897,709	47,370
543390,540	6778721,345	51,792
543368,260	6778648,295	53,177
543353,185	6778577,921	56,367
543430,900	6778629,501	52,687
543443,986	6778696,097	50,995
543541,992	6778699,883	49,556
543573,917	6778751,449	50,970
543586,269	6778817,691	50,384
543180,457	6778775,665	52,059
543576,576	6778808,240	51,871
543223,393	6778747,864	51,845
543557,678	6778841,272	47,902
543213,660	6778701,674	52,901
543580,168	6778694,095	50,319
543205,593	6778666,576	54,214
543194,860	6778622,688	56,040
543219,933	6778603,787	56,368
543725,988	6778681,696	52,284
543284,584	6778593,420	55,878
543743,170	6778777,915	50,993
543301,137	6778626,944	55,060
543715,713	6778619,234	52,222
543304,339	6778677,072	53,860
543533,603	6778545,515	53,919
543319,189	6778749,869	52,183
543319,620	6778760,737	51,986
543332,798	6778791,992	50,955
543339,213	6778820,968	49,934
543347,540	6778855,870	48,910
543352,180	6778885,259	48,814
543245,833	6778804,986	51,606
543240,006	6778878,898	48,829
543375,828	6778726,810	51,783
543378,772	6778708,232	51,771
543417,742	6778565,443	55,661
543453,935	6778723,884	50,790
543474,690	6778719,733	50,244
543560,993	6778703,022	49,947
543822,823	6778462,640	54,972
543752,740	6778478,877	53,104
543688,261	6778482,797	52,626
543668,061	6778389,358	52,545
543777,630	6778363,727	52,450
543824,447	6778473,735	55,173
543846,768	6778566,508	55,176
543875,211	6778686,740	52,002

543886,264	6778808,209	47,889
543786,635	6778280,931	53,219
543817,368	6778224,806	54,471
543933,244	6778194,746	53,081
543927,668	6778164,683	54,605
543848,823	6778457,426	55,371
543776,699	6778473,161	53,504
543679,611	6778446,645	52,342
543707,114	6778375,482	52,470
543813,504	6778399,927	52,915
543821,992	6778439,036	53,997
543843,019	6778513,223	55,803
543859,335	6778611,861	52,841
543879,920	6778711,403	51,881
543892,139	6778772,662	50,192
543790,622	6778305,475	52,819
543791,740	6778230,084	55,095
543901,151	6778201,742	53,782
543947,789	6778281,371	51,724
543957,437	6778323,850	51,457
543807,048	6778466,273	54,549
543729,492	6778483,531	52,947
543685,545	6778469,605	52,406
543678,361	6778384,638	52,564
543803,418	6778359,643	52,638
543816,601	6778413,581	53,077
543841,152	6778495,533	55,614
543844,069	6778549,955	55,655
543871,301	6778665,278	52,162
543889,479	6778751,843	51,226
543887,674	6778801,023	48,793
543802,923	6778352,283	52,591
543774,631	6778237,683	55,314
543832,566	6778220,850	54,517
543938,026	6778216,352	52,413
543913,951	6778133,968	57,603
543837,421	6778459,342	55,219
543795,508	6778468,832	54,036
543695,865	6778490,819	52,884
543672,161	6778410,174	52,450
543748,248	6778369,448	52,455
543809,550	6778381,766	52,738
543826,079	6778458,909	55,018
543846,999	6778530,960	56,014
543866,086	6778642,005	52,313
543889,773	6778789,724	49,156
543795,738	6778324,205	52,659
543782,991	6778263,177	53,549
543856,673	6778215,531	54,462
543941,988	6778252,610	51,913
543958,006	6778301,873	51,494
542856,367	6778274,777	55,545
542427,796	6777889,332	53,133
542750,913	6778299,149	54,531
542505,394	6778043,801	53,223
542658,146	6778311,721	52,622
542536,116	6777249,641	54,553
542520,754	6778331,260	51,914
542551,548	6777223,139	54,688
542592,594	6778286,868	52,321
542521,827	6777112,756	53,866
542569,784	6778150,809	53,248
542541,001	6777102,501	53,999
542549,017	6778036,961	53,650
542623,907	6777086,760	54,520
542540,795	6777979,043	53,811
542675,744	6777067,968	55,249
542516,763	6777838,584	54,422
542505,094	6776979,930	52,755
542495,862	6777725,163	55,745
542595,046	6777705,382	56,402
542640,824	6777766,638	55,655
542629,854	6777859,356	54,677
542670,946	6777926,140	54,936
542665,803	6778012,500	54,630
542561,557	6778032,999	53,778
542703,021	6778038,932	54,804
542710,516	6778145,024	54,516
542654,030	6778159,782	53,753
542585,684	6778175,405	53,141
542532,382	6778187,204	52,653
542509,485	6778332,477	51,879
542611,697	6778379,038	55,041
542718,977	6778183,988	54,493

542836,251	6778278,326	55,320
542720,676	6778300,137	53,614
542396,720	6777895,065	52,950
542547,215	6778325,421	52,007
542501,941	6777882,708	53,685
542588,196	6778260,056	52,492
542475,543	6778049,965	52,869
542573,401	6778171,563	53,019
542473,748	6777269,871	53,628
542557,080	6778076,227	53,401
542556,547	6778073,467	53,529
542527,559	6777143,754	54,016
542534,351	6777943,133	54,034
542472,886	6777107,176	52,990
542523,519	6777879,128	54,071
542598,803	6777090,540	54,403
542501,624	6777753,672	55,515
542522,818	6777079,944	53,276
542540,540	6777708,047	56,060
542511,412	6777020,337	52,876
542631,810	6777719,262	56,265
542605,166	6777864,625	54,620
542676,992	6777901,483	55,049
542690,801	6777973,024	54,983
542631,412	6778009,029	54,268
542698,043	6778070,409	54,750
542688,801	6778160,572	54,143
542602,310	6778173,931	53,261
542467,894	6778198,648	52,077
542603,076	6778333,379	52,511
542617,569	6778409,381	55,818
542737,321	6778279,128	54,295
542526,764	6778039,684	53,247
542694,623	6778296,840	52,962
542424,333	6778060,539	52,573
542590,839	6778317,187	52,099
542442,762	6777267,577	53,203
542454,248	6778351,577	52,381
542574,934	6777241,583	55,038
542582,096	6778228,305	52,455
542534,688	6777194,930	54,022
542562,020	6778102,473	53,349
542444,968	6777116,376	52,908
542543,731	6778001,432	53,706
542559,779	6777088,826	53,796
542520,807	6777864,477	54,145
542513,082	6777055,743	52,867
542508,412	6777789,239	54,871
542508,632	6776999,149	52,607
542567,792	6777711,197	56,186
542627,743	6777702,752	56,410
542649,373	6777813,010	55,105
542571,268	6777869,916	54,278
542671,454	6777871,813	54,944
542683,523	6777996,922	54,777
542586,036	6778028,369	53,840
542713,774	6778098,478	54,630
542623,937	6778174,788	53,213
542557,603	6778187,662	52,714
542435,484	6778205,015	51,991
542478,274	6778346,102	51,889
542608,937	6778362,957	53,688
542721,799	6778205,243	54,309
542446,073	6777885,890	53,154
542878,385	6778270,091	55,758
542737,658	6778299,597	54,082
542480,542	6777884,354	53,671
542614,982	6778320,712	52,332
542447,016	6778055,998	52,756
542497,997	6778343,229	51,957
542505,258	6777254,806	54,126
542573,181	6778187,780	52,923
542614,517	6777233,075	55,205
542566,860	6778127,138	53,444
542540,845	6777169,321	54,127
542547,834	6778022,517	53,685
542503,058	6777108,076	53,608
542547,822	6778022,511	53,680
542419,102	6777121,715	52,740
542531,284	6777919,695	54,058
542650,568	6777081,274	54,757
542513,022	6777813,694	54,662
542501,345	6776953,596	52,658
542510,168	6777714,156	55,856

542615,718	6777701,600	56,411
542647,323	6777739,649	55,996
542655,251	6777841,349	55,089
542534,269	6777877,559	54,228
542676,760	6777955,208	54,915
542605,023	6778015,277	54,122
542688,414	6778017,781	54,823
542706,539	6778117,068	54,561
542706,572	6778147,178	54,319
542704,518	6778158,756	54,348
542512,032	6778190,380	52,438
542605,587	6778344,146	52,771
542120,931	6776720,437	51,297
542361,270	6777071,817	52,278
542168,096	6776791,399	51,726
542371,199	6777120,815	52,501
542195,941	6776841,150	51,861
542389,138	6777124,312	52,499
542207,286	6776862,042	51,519
542240,005	6776918,128	51,371
542265,946	6776968,727	51,548
542298,679	6777002,115	51,779
542328,115	6776993,532	51,733
542385,498	6776981,546	52,064
542490,284	6776935,195	52,705
542488,079	6776887,744	52,673
542471,300	6776822,388	52,324
542509,911	6776803,676	52,421
542542,288	6776795,516	52,744
542597,220	6776786,759	53,511
542636,351	6776784,810	54,321
542648,484	6776851,473	54,300
542662,532	6776918,870	54,778
542650,222	6776924,582	54,307
542601,302	6776940,689	53,549
542567,698	6776948,046	53,111
542516,772	6776957,292	52,848
542350,692	6777027,345	52,066
542145,450	6776750,370	51,545
542371,911	6777130,250	52,539
542179,008	6776811,199	51,866
542186,349	6776825,834	52,152
542225,783	6776894,666	51,412
542251,650	6776941,563	51,478
542284,083	6776996,331	51,617
542309,638	6776997,485	51,734
542353,945	6776990,088	51,939
542441,603	6776969,207	52,388
542492,262	6776961,362	52,647
542486,549	6776910,942	52,675
542475,913	6776853,382	52,365
542490,157	6776807,039	52,268
542521,891	6776799,340	52,533
542574,607	6776790,394	53,066
542612,986	6776784,020	53,795
542643,723	6776822,602	54,281
542656,035	6776885,167	54,492
542631,723	6776934,753	53,891
542582,753	6776944,611	53,288
542546,535	6776951,964	53,012
542345,082	6777005,327	52,058
542356,547	6777054,127	52,196
542366,197	6777093,650	52,283
542634,000	6776770,376	54,354
542876,754	6776456,607	53,829
542566,137	6776640,314	52,875
542881,387	6776442,063	53,732
542541,954	6776644,750	51,948
542577,334	6776506,272	51,480
542642,344	6776466,360	52,239
542700,164	6776455,408	52,809
542707,484	6776393,148	52,315
542699,878	6776310,086	52,580
542730,238	6776306,214	53,576
542841,990	6776271,448	55,299
542783,729	6776143,171	54,801
542754,506	6776140,395	54,442
542814,048	6776107,629	54,917
542798,894	6776011,555	53,418
542796,218	6775950,583	53,017
542783,320	6775882,883	53,454
542766,478	6775790,771	54,358
542870,072	6776372,035	53,907
542874,404	6776397,172	53,725

542794,899	6776447,069	52,795
542724,858	6776487,853	53,389
542741,435	6776530,909	54,451
542772,220	6776592,970	55,796
542839,656	6776590,300	55,716
542619,738	6776742,089	54,310
542584,220	6776637,448	53,619
542524,755	6776650,457	51,417
542582,845	6776533,157	51,989
542618,562	6776477,234	52,048
542719,176	6776452,746	52,899
542697,899	6776345,957	52,332
542682,934	6776245,661	52,397
542778,416	6776290,176	54,598
542826,249	6776169,912	55,522
542803,894	6776130,356	54,866
542739,447	6776144,212	53,860
542804,971	6776055,947	54,173
542798,728	6775972,034	52,242
542788,741	6775907,349	53,323
542777,866	6775840,102	54,193
542863,033	6776331,339	54,407
542868,641	6776424,253	53,590
542763,175	6776451,957	52,966
542727,632	6776460,496	52,919
542745,432	6776548,421	54,788
542754,648	6776594,386	55,494
542900,750	6776540,488	54,814
542895,577	6776512,265	54,265
542615,175	6776719,818	54,104
542893,080	6776561,613	55,352
542602,916	6776654,838	54,053
542888,343	6776474,275	53,900
542590,420	6776556,966	52,373
542596,068	6776477,721	51,685
542671,990	6776466,233	52,486
542702,001	6776370,214	52,375
542686,652	6776286,388	52,471
542749,510	6776297,327	53,892
542846,280	6776241,293	55,549
542831,446	6776151,925	55,239
542698,083	6776158,166	52,524
542674,142	6776159,460	52,110
542815,411	6776074,077	54,691
542798,530	6775983,081	52,921
542793,555	6775940,208	53,061
542779,047	6775860,312	53,752
542760,344	6775758,199	54,701
542855,173	6776290,433	55,146
542830,753	6776434,912	52,956
542775,051	6776444,184	52,690
542730,352	6776516,111	54,058
542740,593	6776564,952	55,035
542811,892	6776585,596	55,823
542907,234	6776579,833	56,013
542609,897	6776689,298	54,014
542882,193	6776498,886	54,200
542599,143	6776638,506	53,912
542590,525	6776583,434	52,814
542581,177	6776492,250	51,211
542719,908	6776431,494	52,509
542693,897	6776323,329	52,482
542674,484	6776213,175	52,281
542805,078	6776285,469	55,000
542832,488	6776207,982	55,656
542816,711	6776127,671	55,057
542722,182	6776150,026	53,086
542811,033	6776092,844	54,736
542807,712	6776031,238	53,728
542797,729	6775960,865	52,510
542791,816	6775928,713	53,228
542772,695	6775815,107	54,423
542861,246	6776313,343	54,715
542857,853	6776430,940	53,144
542746,743	6776447,496	52,770
542727,711	6776503,768	53,707
542743,227	6776579,779	55,382
542789,477	6776589,234	55,847
542695,643	6776608,926	55,271
542983,769	6776551,246	56,119
543035,878	6776516,858	55,924
543014,886	6776407,455	54,489
542955,744	6776417,314	53,984
543002,918	6776286,712	54,884

542969,857	6776250,173	55,071
542896,655	6776262,098	55,049
542977,432	6776203,499	55,058
542901,131	6776121,418	55,307
542945,355	6776027,244	55,119
542941,727	6775963,649	54,365
542849,008	6775987,774	53,374
542878,087	6776061,298	54,580
542616,837	6776624,769	54,254
542925,034	6776561,927	55,655
543033,359	6776503,627	55,673
543030,756	6776430,734	54,777
542979,664	6776413,008	54,169
543009,084	6776370,380	54,416
542997,213	6776307,076	54,698
542948,890	6776252,336	55,089
542853,226	6776269,859	55,199
542935,965	6776114,438	55,517
542829,876	6776135,094	55,228
542957,836	6776045,369	55,335
542947,140	6775993,381	54,578
542893,304	6775944,291	53,768
542884,402	6775977,775	53,562
542802,913	6776011,454	53,376
542869,936	6776041,984	54,253
542741,996	6776599,393	55,746
543012,809	6776545,309	56,418
543038,988	6776539,998	56,753
543030,415	6776481,679	55,284
542998,805	6776409,434	54,280
543013,059	6776391,788	54,475
543002,042	6776331,740	54,736
542927,222	6776270,646	54,894
542973,531	6776182,018	55,204
542919,788	6776117,730	55,405
542854,853	6776119,786	55,076
542962,775	6776070,889	55,583
542940,544	6776006,813	54,635
542912,356	6775956,329	53,557
542869,057	6776012,918	54,118
542648,408	6776618,335	54,691
542949,222	6776557,601	55,858
543040,356	6776482,369	55,345
543035,605	6776456,408	54,923
542933,927	6776421,707	53,758
542905,033	6776425,459	53,777
543006,081	6776354,187	54,530
542988,692	6776262,030	54,770
542877,326	6776267,678	55,264
542875,946	6776126,222	55,203
542967,556	6776093,796	55,522
542937,405	6775943,372	54,125
542901,923	6775967,703	53,677
542876,565	6775966,451	52,869
542831,688	6775993,307	53,196
542886,832	6776111,058	55,290
542526,589	6778781,300	54,535
543433,135	6778159,135	54,696
542549,569	6778861,246	52,763
543369,797	6778171,827	55,416
542542,648	6778909,427	52,195
543360,180	6778271,016	55,161
542494,899	6778917,987	52,172
543378,595	6778370,559	55,307
542668,746	6778880,503	53,702
543402,590	6778450,562	55,708
542811,014	6778848,891	53,845
543412,132	6778548,918	55,711
542964,585	6778827,000	52,720
542994,042	6778735,545	55,568
542981,754	6778673,259	57,403
543050,180	6778629,782	56,147
543072,480	6778624,706	56,167
543120,328	6778624,777	56,324
543129,349	6778646,491	55,430
543136,214	6778684,070	53,562
543155,642	6778734,788	52,606
543323,268	6778570,475	56,339
543422,263	6778549,028	55,646
543467,861	6778539,239	55,188
543505,790	6778387,607	53,919
543470,608	6778251,371	54,160
543455,626	6778173,484	54,600
542528,956	6778794,287	54,326

543487,498	6778292,155	53,993
542537,770	6778829,125	53,338
543466,472	6778231,188	54,260
542550,436	6778888,578	52,606
543352,617	6778176,247	55,799
542572,266	6778902,251	52,351
543365,472	6778246,102	55,337
542636,288	6778887,054	53,210
543376,022	6778301,476	55,062
542733,749	6778873,530	53,934
542784,968	6778853,951	53,966
542894,601	6778831,919	53,067
543007,013	6778802,339	53,508
542999,236	6778763,031	54,617
542991,007	6778720,656	56,094
542978,778	6778657,847	57,804
543035,976	6778632,436	56,274
543103,780	6778628,331	56,280
543126,054	6778630,495	56,086
543141,473	6778656,951	54,791
543143,084	6778666,252	54,349
543349,083	6778564,552	56,412
543493,806	6778533,636	54,918
543515,498	6778437,483	53,906
543495,002	6778330,250	54,284
542532,078	6778807,401	53,921
543410,913	6778163,563	54,854
542535,141	6778818,476	53,623
543345,755	6778193,021	55,853
542547,310	6778875,973	52,568
543384,203	6778347,630	55,130
542528,841	6778911,785	52,209
543383,407	6778396,447	55,490
542649,601	6778884,992	53,443
543407,303	6778475,706	55,857
542757,196	6778868,153	54,040
542861,729	6778836,930	53,588
543001,048	6778809,115	53,174
542985,087	6778689,906	56,877
542817,563	6778697,434	61,824
542829,222	6778730,533	60,673
542834,282	6778773,354	57,977
543150,101	6778704,122	53,130
543157,290	6778749,858	52,549
543376,730	6778569,450	56,095
543509,318	6778540,322	54,694
543530,082	6778511,751	54,309
543512,153	6778419,421	53,759
543498,192	6778348,224	54,277
543485,004	6778279,230	54,067
543462,546	6778209,577	54,361
543452,317	6778156,715	54,790
542521,771	6778762,332	54,846
543389,671	6778425,027	55,655
542542,203	6778847,728	52,975
543402,066	6778493,842	55,927
542555,495	6778902,639	52,439
542513,640	6778916,053	52,244
542698,981	6778870,907	54,094
542837,539	6778843,054	53,656
542937,527	6778823,963	52,913
542987,490	6778701,620	56,537
542825,029	6778714,552	61,326
542828,445	6778749,306	59,726
542831,384	6778761,527	58,954
543138,593	6778695,553	53,322
543152,852	6778719,085	52,886
543312,899	6778572,920	56,306
543397,145	6778554,701	55,929
543453,008	6778552,722	55,299
543523,448	6778477,666	54,096
543509,115	6778403,564	53,743
543502,137	6778368,875	54,101
543482,198	6778264,324	54,076
543467,405	6778191,118	54,519
543379,862	6778159,820	55,232
543379,923	6778326,248	55,010
542730,742	6778551,301	59,634
542595,377	6778575,697	59,828
542558,409	6778736,956	56,868
542659,224	6778647,428	63,050
542764,146	6778701,722	62,071
542825,403	6778688,687	61,509
542809,914	6778621,911	62,445

542790,117	6778516,582	60,373
542699,196	6778438,986	58,572
542985,508	6778390,970	57,705
542817,354	6778537,797	60,818
542703,201	6778547,514	59,108
542563,091	6778570,821	59,588
542596,367	6778728,569	58,471
542665,589	6778689,479	61,397
542805,920	6778682,384	61,989
542874,179	6778667,365	60,369
542807,420	6778677,807	62,259
542745,642	6778429,776	58,302
542946,925	6778398,708	58,011
542756,018	6778538,275	60,527
542637,224	6778567,165	59,341
542622,653	6778722,672	59,345
542647,693	6778580,712	61,275
542735,733	6778707,930	61,995
542913,921	6778668,860	59,283
542803,850	6778589,771	62,132
542774,374	6778487,880	59,924
542894,288	6778410,258	58,114
542914,991	6778510,507	59,124
542778,144	6778533,426	60,726
542667,713	6778563,002	59,018
542503,056	6778591,206	58,048
542667,655	6778712,295	60,738
542652,849	6778612,867	62,177
542693,487	6778706,804	61,379
542965,191	6778657,635	58,100
542786,987	6778566,203	61,574
542775,278	6778441,624	58,781
542834,136	6778422,427	58,084
543107,947	6778470,987	57,643
543114,325	6778475,340	57,711
543090,134	6778369,623	57,143
543216,644	6778345,479	55,873
543231,013	6778349,267	56,291
543235,880	6778453,829	57,063
543248,371	6778446,712	56,861
543112,360	6778487,074	57,612
543110,490	6778489,475	57,590
543249,066	6778463,788	56,894
543251,599	6778465,274	56,907
543279,876	6778576,735	56,358
543132,797	6778608,669	56,384
543260,818	6778450,371	56,761
543386,816	6778428,623	55,786
543365,868	6778315,422	55,188
543072,240	6778362,755	57,214
543074,222	6778373,841	57,169
543097,710	6778475,593	58,806
542960,488	6778499,879	58,945
542965,499	6778512,769	58,848

	Topografia II – Aula prática 06	
	Curvas de nível	
	Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes	

Interpolação de dados para representação de relevo topográfico em curvas de nível.

A Aula Prática 06 tem como objetivo familiarizar o discente com a interpolação de dados e representação de relevo em curvas de nível.

Atividades a serem desenvolvidas.

- 1) Com os dados de altimetria fornecidos faça.
 - a) Insira os pontos fornecidos na aula prática 05, ANEXO 1 no CAD;
 - b) Interpole os dados de altimetria e determine as curvas de nível (Figura 01);
 - c) Apresente no mapa altimétrico a escala gráfica, legenda, moldura, grades, coordenadas, dados do autor, conforme exemplo da figura que segue.



Figura 01 – Exemplo de representação de relevo em curvas de nível.



**Universidade Federal do Paraná
Campus Pontal do Paraná
Centro de Estudos do Mar**



EXERCÍCIOS PRÁTICOS DE TOPOGRAFIA II



Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes



Disciplinas: Topografía II

Professor: Alexandre Bernardino Lopes

Assunto: Nivelamento trigonométrico/Nivelamento geométrico

Turma:

[illegible]

2 – Caderneta de Nivelamento Trigonométrico utilizando estação total.

[illegible]



Sugestão de exercício 02

Disciplinas: Topografia II

Professor: Alexandre Bernardino Lopes

Assunto Fechamento nivelamento geométrico

Turma:

1 – Introdução

A NBR 13133/1994 classifica os nivelamentos de acordo com o desenvolvimento e tolerância, conforme tabela abaixo. Neste exercício prático deverá ser realizado um nivelamento e contranivelamento geométrico e analisar o erro de fechamento considerando a NBR 13133.

Classe	Metodologia	Desenvolvimento					Tolerâncias de fechamento
		Linha Seção	Extensão Máxima	Lance Máximo	Lance Mínimo	Nº máx. de lances	
IN Geom.	Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 3, utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura a ré e vante dos três fios, visadas eqüidistantes com diferença máxima de 10 m, ida e volta em horários distintos e com Ponto de Segurança (PS) a cada km, no máximo.		10 km	80 m	15 m		$12 \text{ mm } \sqrt{K}$
IIN Geom.	Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 2, utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura do fio médio, ida e volta ou circuito fechado, com Ponto de Segurança (PS) a cada dois km, no máximo.		10 km	80 m	15 m		$20 \text{ mm } \sqrt{K}$

(Fonte: NBR13133/1994)

Para realização do nivelamento dentro de uma classe especificada deve-se ficar atento à classificação dos níveis, conforme a tabela da NBR 13133 destacada abaixo, onde os níveis são classificados segundo desvio-padrão de 1 km de duplo nivelamento.

Classes de níveis	Desvio-padrão
1 - precisão baixa	$> \pm 10 \text{ mm/km}$
2 - precisão média	$\leq \pm 10 \text{ mm/km}$
3 - precisão alta	$\leq \pm 3 \text{ mm/km}$
4 - precisão muito alta	$\leq \pm 1 \text{ mm/km}$

(Fonte: NBR13133/1994)

Considerando a tabela acima será realizado um nivelamento **geométrico classe II** em um local a ser definido em campo.

2 - Procedimento de campo

Em campo será marcado pontos (com estacas), nos quais deverão ser obtido cotas com nivelamento geométrico. Para atender a classe II N será realizado **nivelamento e contra nivelamento** com o nível. No caso do nível do laboratório de Topografia e Geodésia é utilizado o nível eletrônico *Sprinter* 150 m que possui a seguinte precisão:

Classificação nível Leica sprinter 150	
Com medição eletrônica com código de barras*	1.5 mm/Km **
Com medição óptica*	2.5 mm/Km **

* com mira de alumínio padrão leica.

** Desvio típico por km de duplo nivelamento.

Caso o nivelamento seja realizado com outro equipamento deverá ser observando a classificação do mesmo.

Os dados coletados em campo deverão ser preenchidas em cadernetas de acordo com a NBR 13133, página 30.

3 – Procedimento de escritório

Com os dados coletados deverá ser calculado;

1. Apresentar um croqui do nivelamento;
2. Determinar as cotas dos pontos estabelecidos para cada método;
3. Apresentar os resultados em cadernetas e desenhos esquemáticos com os pontos cotados;
4. Mostrar o erro de fechamento e verificar se está dentro da tolerância.

4 – Bibliografia.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13133: Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro, 1994. 35p.

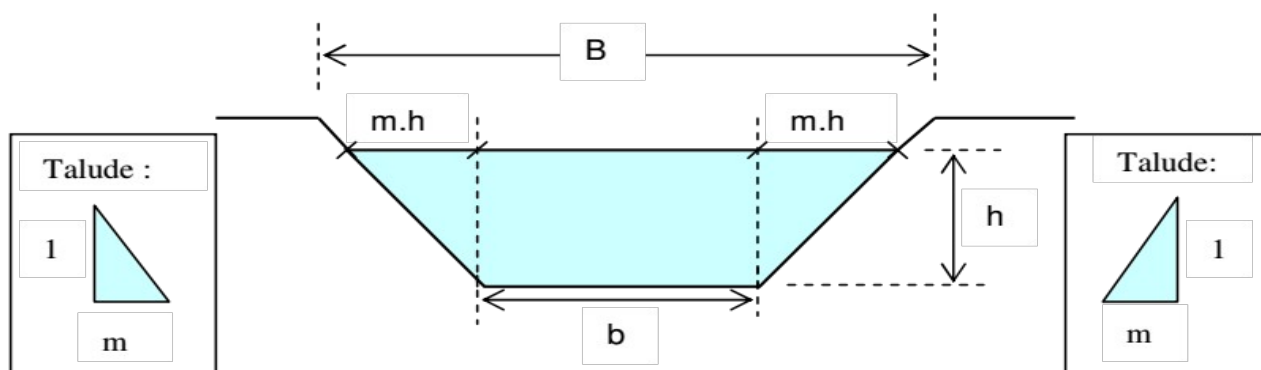
1 – Introdução

O objetivo do trabalho é o cálculo de volume de terra em um projeto de canal aberto. Os projetos de dutos e canais dependem da determinação de perfiz de terreno e seções transversais, cujos dados serão obtidos por nivelamento.

2 - Dutos e canais.

A seguir serão mostrados os dados do canal que será construído no trecho de 20 metros.

Um canal aberto pode possuir a seguinte configuração, conforme figura abaixo:



Fonte: UFLA. Notas de aulas ENG 187-Hidráulica Geral. Prof. Geraldo M. Pereira & Carlos Rogério de Melo

Neste trabalho as variáveis são definidas por:

- $B = b + 2mh$;
- $h = 1$ metros
- $b = 1,2$ metros
- $m = 1,5$ metros – valor usado em terrenos limo arenoso;
- Folga ou borda livre equivale a diferença entre área molhada e a capacidade total do talude – 0,20 metros;
- declividade (a partir da primeira seção) 0,4 %.

3 - Procedimento de campo

Em campo serão realizados os seguintes procedimentos ;

1. Após a escolha de um local pouco acidentado serão alinhadas 3 estacas espaçadas de 10 metros. Este alinhamento será o eixo da seção;
2. Estaquear as laterais de cada seção, de acordo com os dados do item 2. O operador deve obter cotas além dos limites de B, pois o tamanho da seção transversal é em função do terreno e da declividade.

4 - Procedimento de escritório

No escritório serão adotados os seguintes procedimentos:

1. Determinar todas as cotas dos pontos estaqueados;
2. Determinar o perfil do terreno e projeto e determinar, além das cotas do terreno, as cotas de projeto;

3. Determinar as seções transversais em função do terreno e desenhá-las;
4. Calcular o volume de movimentação de terra utilizando a fórmula do prisma e a fórmula do prismoide.