

	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 revisito 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.

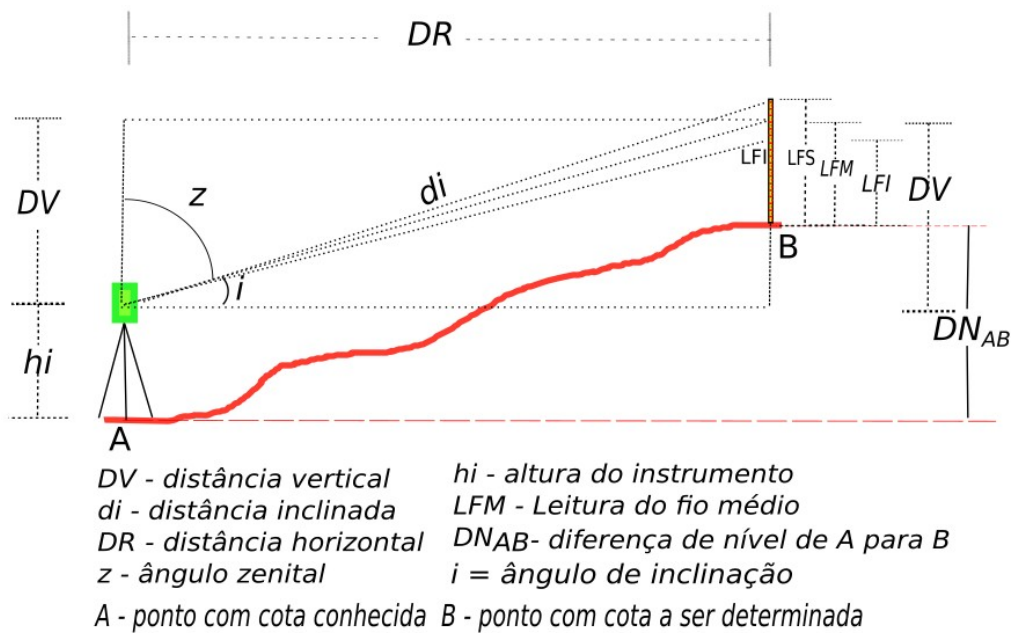


Figura 01 – Determinação de cotas por métodos estadimétricos.

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:

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

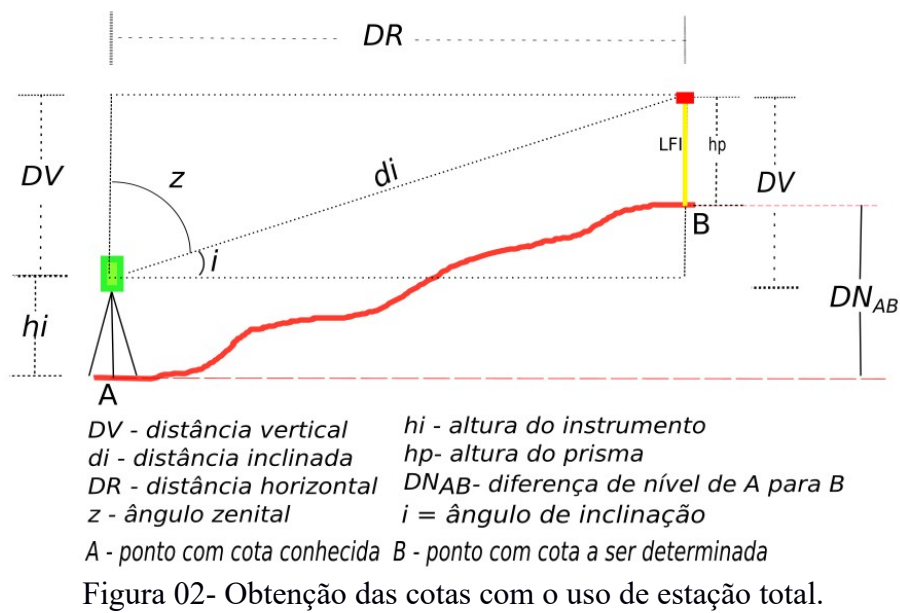
onde LFM é a leitura do fio médio

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					
			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