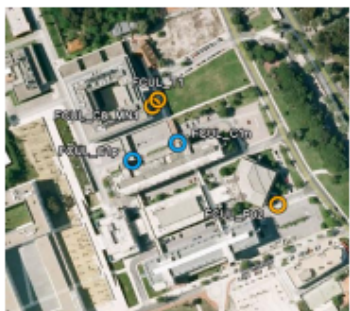




1. **Objectivo:** Atribuir altitude ortométrica através da realização de nivelamento geométrico aos pontos **P, P1, P3 e P7** efectuando os dois percursos **T1-P1-P-P7-T1** e **C1n-P1-P-P3-P5**.

2. **Equipamento a utilizar:** níveis Wild NA2 e Zeiss Dini 22. Utilizar os tripés de apoio para as miras como auxílio (e não como substituição) dos porta-miras. Quando necessário, utilizar as sapatas (nos pontos cuja altitude se pretende calcular, **não** usar sapata). Utilizar o impresso imp_niv.pdf.

3. Marcas de nivelamento:



Ponto	C (m)	Descrição
T1	80.108	Marca cravada no lado NW do degrau superior da escada em frente do Edifício C8 que dá para o parque de estacionamento da JF.
P5	76.947	Marca metálica sobre lancil, a 5m SW do início da curva de saída do lancil, lado da estrada.
C1n	80.567	Marca de Nivelamento na entrada (nascente) do edifício C1, a partir do viaduto de ligação ao C8.
C1p	80.562	Marca de Nivelamento na entrada (poente) do edifício C1, a partir do viaduto de ligação ao C8.
MN1	80.765	Marca de nivelamento no degrau superior da soleira da porta SE de emergência junto ao bar do C8.
M3	75.230	Marca do IGP, linha Monção-Cascais, cimentada no 1º degrau inferior à esquerda da porta principal da Igreja do Campo Grande (de quem entra)

4. **Processamento:** cada linha, desde que o respectivo erro de fecho seja inferior à tolerância, deve ser ajustada individualmente (por mínimos quadrados); posteriormente, a rede, já que as duas linhas se cruzam, isto é, têm pontos em comum, deve ser ajustada (por mínimos quadrados) de forma a que a altitude dos pontos comuns aos dois percursos seja idêntica. Incluir no relatório os dados de campo e o resultado do ajustamento (incluir os impressos preenchidos no campo no relatório).

5. No interior da FCUL e, sobretudo, no seu exterior é necessário usar do máximo cuidado de forma a evitar acidentes pessoais e com o equipamento. Assim, o estacionamento das miras e do nível deve acontecer nos passeios (isto é, **fora** do pavimento das estradas). Recomenda-se o reconhecimento prévio dos percursos. Sempre que possível, verificar a igualdade das distâncias nas leituras atrás e à frente.

G1: David Silva, Jaime Casimiro, João Moreno, Leonor Ribeiro, Rodrigo Gaspar

G2: David Horta, João Assunção, Martin Melro, Rafael Ratinho, Rúben Ratinho

G3: Bruno Costa, Duarte Correia, Gabriel Silva, Lucas Melo, Tiago Carvalho

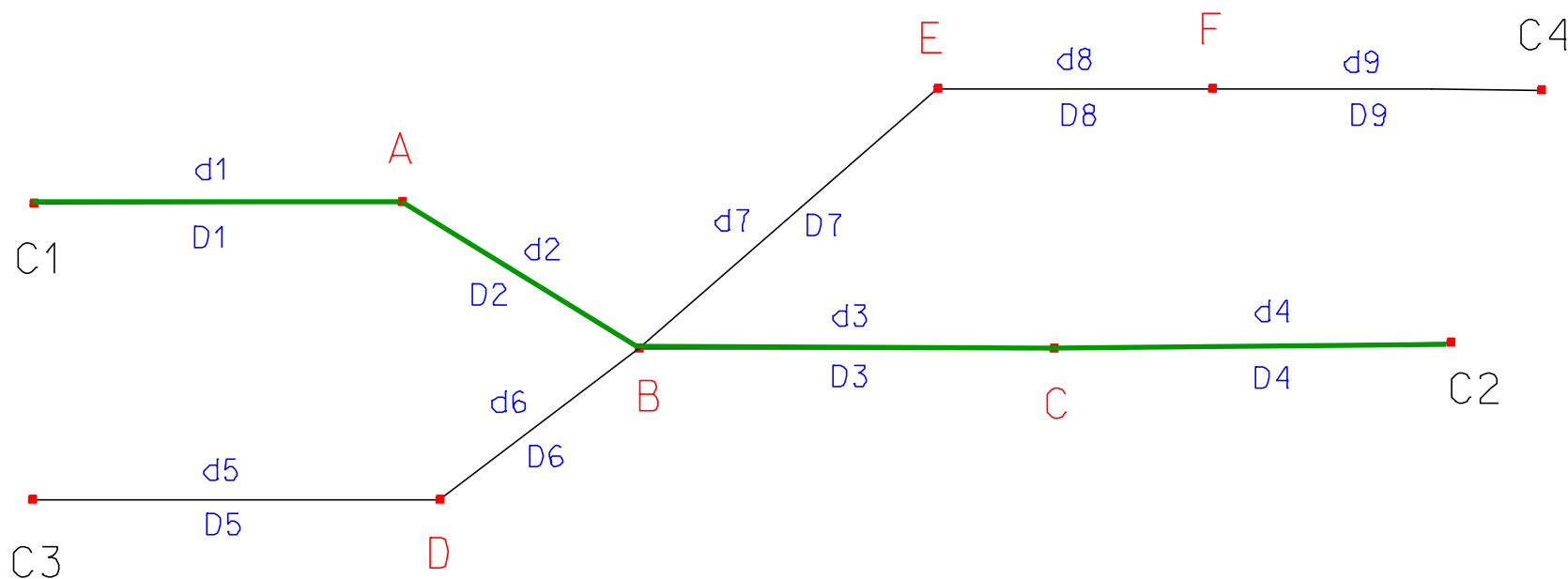
G4: Adriano Neves, Inês Cabral, Sónia Lai, Tomás Fernandes

G5: André Ferreira, Duarte Alberto, Luis Lima, Manuel Pereira, Sara Santos

G6: Christopher Gaspar, Diana Patricio, Francisco Jorge, João Ferreira

Nivelamento geométrico ou directo

Exemplo: ajustamento (paramétrico) de uma rede de nivelamento: suponha-se que se efectuou o cálculo do erro de fecho e da respectiva tolerância para as linhas de nivelamento C1-C2 e C3-C4 representadas na figura a partir do conhecimento das alts dos pontos C1, C2, C3 e C4, em que d_i representa o desnível e D_i a distância entre pontos e que ambas fechavam dentro da tolerância.



Nivelamento geométrico ou directo

Sendo $n=9$ o número de observações efectuadas (desníveis) e designando por $n_0=6$ o número mínimo de variáveis que determinam o modelo (número de desniveis que permitem atribuir alt aos pontos A, B, C, D, E, F), a redundância é dada por $r=n-n_0=3$. Sendo o número de parâmetros (alts desconhecidas) representado por $u=6$, o número de equações que é possível estabelecer entre as n observações e os u parâmetros é $c=r+u=9$:

$$\left\{ \begin{array}{l} C1 + d1 + v1 - A = 0 \\ A + d2 + v2 - B = 0 \\ B + d3 + v3 - C = 0 \\ C + d4 + v4 - C2 = 0 \end{array} \right.$$
$$\left\{ \begin{array}{l} C3 + d5 + v5 - D = 0 \\ D + d6 + v6 - B = 0 \\ B + d7 + v7 - E = 0 \\ E + d8 + v8 - F = 0 \\ F + d9 + v9 - C4 = 0 \end{array} \right.$$

Nivelamento geométrico ou directo

Em forma matricial, este sistema de equações tem a forma

$$\vec{v}_{n,l} + A_{n,u} \vec{X}_{u,l} + \vec{W}_{n,l} = 0$$

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \\ v_6 \\ v_7 \\ v_8 \\ v_9 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d1 + C1 \\ d2 \\ d3 \\ d4 - C2 \\ d5 + C3 \\ d6 \\ d7 \\ d8 \\ d9 - C4 \end{bmatrix} = 0$$

em que $\vec{v}_{9,1}$ é o vector dos resíduos das observações. Este sistema não tem solução única, existindo infinitas combinações de resíduos que o verificam. Para que haja solução única, é necessário impor o critério dos mínimos quadrados: $\sum_i v_i^2 = \text{mínimo}$

Assim, pondo $U = A^T P (-\vec{W})$, $N = A^T P A$, a **solução do sistema** (altitudes dos parâmetros) é dada por $\vec{X} = N^{-1} U$.

Nivelamento geométrico ou directo

Suponha-se que a linha C1-C2 foi observada com o N3, cuja precisão, segundo o manual é 0.2 mm/km, e que a linha C3-C4 foi observada com o NAK2, cuja *precisão* é, segundo o manual, 0.3 mm/km. É assim necessário atribuir **pesos** às observações dependentes não só das distâncias D_i mas também do aparelho utilizado. Para o efeito recorre-se à variância a priori por unidade de peso σ_0^2 , de tal forma que $\sigma_0^2 = p_i \sigma_i^2$, sendo p_i o peso do desnível d_i . Tomando para $\sigma_0^2=1$, vem $p_i = 1 / \sigma_i^2$, em que, conforme a linha, $\sigma_i = 0.0003 \text{ m/km} \sqrt{\frac{2 D_i(\text{m})}{1000}}$ ou $\sigma_i = 0.0002 \text{ m/km} \sqrt{\frac{2 D_i(\text{m})}{1000}}$ o que permite calcular a **matriz** (diagonal) **P** dos pesos das observações.

Nivelamento geométrico ou directo

A precisão dos parâmetros estimados é dada pela matriz cofactor $Q_{\vec{X}\vec{X}} = N^{-1}$.

Uma vez estimado o vector $\vec{X}$, os resíduos obtêm-se de $\vec{v}_{n,l} = \vec{W}_{n,l} - A_{n,u} \vec{X}_{u,l}$ e

as estimativas por mínimos quadrados das observações são calculadas por

$\hat{\ell}_{n,l} = \bar{\ell}_{n,l} + \vec{v}_{n,l}$, cuja precisão é dada pela matriz $Q_{\hat{\ell}\hat{\ell}} = A_{n,u} N_{u,u}^{-1} A_{u,n}^T$.

Pode ainda obter-se a variância por unidade de peso a posteriori $s_0^2 = \frac{\vec{v}^T P \vec{v}}{r}$

O ajustamento é aceite se σ_0^2 e s_0^2 forem estatisticamente semelhantes, isto é:

$$\text{se } \frac{s_0^2}{\sigma_0^2} r \begin{cases} \leq \chi^2(r) & \text{aceita-se o ajustamento} \\ > \chi^2(r) & \text{rejeita-se o ajustamento} \end{cases}$$

G1

Percurso T1-T1



"T1", 1.6750, 9.60, 80.108, -1
"P1", 1.318, 21.40, 1.532, 10.4
"M1", 0.816, 17.2, 2.262, 22.1
"P", 1.552, 15.1, 2.126, 16.7
"M2", 1.705, 22.4, 1.395, 14.9
"P7", 2.030, 27.80, 1.6, 21.0
"T1", 80.108, 0.7, 0.183, 26.2

Nivelamento Geométrico: Data: 12/03/2022; Instrumento: W/W NAK2; Folha: 1

Grupo: 1

Operador:

Trço: T1

T1

	Mira atrás	Distância mira-nível	Mira à frente	Distância mira-nível	Distância D, entre miras	Desnível	Cota	Correcção acumulada	Cota ajustada
T1	FS	1.725	(FS-n)*100						
	n	1.627							
	(FS+n)/2	1.675	9.6						
	IM	1.675					80.108		
P1	FS	1.425	(FS-n)*100	1.320					
	n	1.271		1.428					
	(FS+n)/2	1.318	21.4	1.530	10.4	20	0.143	80.251	
	IM	1.318		1.532					
M1	FS	0.901	(FS-n)*100	2.322					
	n	0.729		2.151					
	(FS+n)/2	0.815	17.2	2.2615	22.1	43.5	-0.944	79.308	
	IM	0.816		2.262					
P	FS	1.628	(FS-n)*100	2.209					
	n	1.477		2.092					
	(FS+n)/2	1.5525	15.1	2.1255	16.7	33.9	-1.310	77.998	
	IM	1.552		2.126					
M2	FS	1.817	(FS-n)*100	1.469					
	n	1.593		1.320					
	(FS+n)/2	1.705	22.4	1.3445	14.9	30	0.157	78.154	
	IM	1.705		1.345					
P7	FS	2.170	(FS-n)*100	1.305					
	n	1.492		1.495					
	(FS+n)/2	2.031	27.8	1.600	21	43.9	0.105	78.259	
	IM	2.030		1.600					
T1	FS		(FS-n)*100	0.314					
	n			0.052					
	(FS+n)/2			0.183	26.2	54	1.847	80.106	
	IM			0.183					
	FS		(FS-n)*100						
	n								
	(FS+n)/2								
	IM								
	FS		(FS-n)*100						
	n								
	(FS+n)/2								
	IM								

Σdesníveis = -0.002

ΣIM^{miras} = 4.096

ΣIM^{perna} = 4.098

ΣIM^{perna} - ΣIM^{perna} = -0.002

Erro de fecho = cota de partida - cota de chegada + Σdesníveis = -0.002

Tolerância = 2.6 √(KΣD_i² + σ_{perna}² + σ_{chegada}²) = 0.0054

Correcção = -(D_i² / ΣD_i²) × Erro de fecho

* Ajustamento de uma linha de nivelamento geometrico *

Ficheiro de dados: g1_t1_t1.txt

Erro de fecho da linha (m) = -0.0020

Tolerancia (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas dos slides 94 e 96 = 0.0030

Desenvolvimento da linha (km) = 0.225

Numero de desniveis da linha = 6

Numero de desniveis/km = 26.7

Tolerancia baixa (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0148

Tolerancia media (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0075

Tolerancia alta (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0049

|erro de fecho| < tolerancia => Aceitar observacoes, seguir para ajustamento.

Erro de fecho da linha apos ajustamento (m) = 0.0000

Teste da razao das variancias: rejeitar o ajustamento. Degradar incerteza nominal do aparelho 0.5 mm/km

Teste da razao das variancias: rejeitar o ajustamento. Degradar incerteza nominal do aparelho 0.5 mm/km

Teste da razao das variancias: aceitar o ajustamento.

altitude ajustada do ponto P1 = 80.251 ± 0.001

altitude ajustada do ponto M1 = 79.308 ± 0.001

altitude ajustada do ponto P = 77.998 ± 0.001

altitude ajustada do ponto M2 = 78.155 ± 0.001

altitude ajustada do ponto P7 = 78.261 ± 0.001

Incerteza nominal do aparelho = 0.7 mm/km niv. duplo

Incerteza real do aparelho = 1.7 mm/km niv. duplo



G1

Percurso C1n-P5

Technical Data		DiNi® 22	
Accuracy as per DIN 18723			
Standard deviation on 1 km			
of double levelling			
Electronic measurement:			
Invar precision bar code staff	0.7 mm		
Foldable bar code staff	1.3 mm		
Visual measurement			
Foldable staff, metric scale	2.0 mm		

"C1n",1.4903,13.66,80.567,-1
"P1",1.2525,23.05,1.8056,13.31
"M1",0.8363,16.39,2.3073,23.65
"P",0.7625,21.94,2.0358,14.52
"P3",1.6489,26.82,2.0805,25.55
"M2",1.4041,23.09,1.3347,26.85
"P5",76.947,1.3,1.4527,24.9

Nivelamento Geométrico; Data: 07/03/2026; Instrumento: Zeiss Din 22; Folha: 1; Grupo: 1; Operador: Troço: C1n - P5

	Mira atrás	Distância mira-nível	Mira à frente	Distância mira-nível	Distância D, entre miras	Desnível	Cota	Correcção acumulada	Cota ajustada
C1n	IS	(IS-FI)*100							
	FI								
	(IS+FI)/2	13.66							
	FM	1.4903					80.567		
P1	IS	(IS-FI)*100							
	FI								
	(IS+FI)/2	23.05	13.31	26.97	-0.3153		80.2517		
	FM	1.2525	1.8056						
M1	IS	(IS-FI)*100							
	FI								
	(IS+FI)/2	16.39	23.65	46.70	-1.0548		79.1969		
	FM	0.8363	2.3073						
P	IS	(IS-FI)*100							
	FI								
	(IS+FI)/2	21.94	14.52	30.91	-1.1995		77.9974		
	FM	0.7625	2.0358						
P3	IS	(IS-FI)*100							
	FI								
	(IS+FI)/2	26.82	25.55	47.49	-1.3180		76.6794		
	FM	1.6489	2.0805						
M2	IS	(IS-FI)*100							
	FI								
	(IS+FI)/2	23.09	26.85	53.67	2.3142		76.9936		
	FM	1.4041	1.3347						
P5	IS	(IS-FI)*100							
	FI								
	(IS+FI)/2		24.90	47.99	-0.0486		76.9450		
	FM		1.4527						
	IS	(IS-FI)*100							
	FI								
	(IS+FI)/2								
	FM								
	IS	(IS-FI)*100							
	FI								
	(IS+FI)/2								
	FM								
$\sum \text{Desníveis} = -3.622$; $\sum \text{FM}^{\text{mira}} = 7.3946$; $\sum \text{FM}^{\text{frente}} = 11.0166$; $\sum \text{FM}^{\text{mira}} - \sum \text{FM}^{\text{frente}} = -3.622$									
Erro de fecho = cota de partida - cota de chegada + $\sum \text{Desníveis} = -0.002$; Tolerância = $2.6 \sqrt{K \sum D_i^2 + \sigma_{\text{partida}}^2 + \sigma_{\text{chegada}}^2} = 0.0060$									
Correcção = $-(D_i / \sum D_i) \times \text{Erro de fecho}$									

* Ajustamento de uma linha de nivelamento geometrico *

Ficheiro de dados: G1_C1n_P5.txt
Erro de fecho da linha (m) = -0.0020

Tolerancia (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas dos slides 94 e 96 = 0.0060

Desenvolvimento da linha (km) = 0.254
Numero de desniveis da linha = 6
Numero de desniveis/km = 23.6

Tolerancia baixa (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0148
Tolerancia media (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0075
Tolerancia alta (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0049

|erro de fecho|<tolerancia => Aceitar observacoes, seguir para ajustamento.

Erro de fecho da linha apos ajustamento (m) = -0.0000

Teste da razao das variancias: rejeitar o ajustamento. Degradar incerteza nominal do aparelho 0.5 mm

Teste da razao das variancias: aceitar o ajustamento.

altitude ajustada do ponto P1 = 80.252 ± 0.001
altitude ajustada do ponto M1 = 79.197 ± 0.001
altitude ajustada do ponto P = 77.998 ± 0.001
altitude ajustada do ponto P3 = 76.681 ± 0.001
altitude ajustada do ponto M2 = 76.995 ± 0.001

Incerteza nominal do aparelho = 1.3 mm/km niv. duplo
Incerteza real do aparelho = 1.8 mm/km niv. duplo



* Ajustamento de uma REDE de nivelamento geométrico *

Ficheiro de dados: G1_T1_T1_C1n_P5.txt

Numero total de linhas do ficheiro = 14

Mudanca de linha da rede = 1

Mudanca de linha da rede = 8

Mudanca de linha da rede = 15

Numero de linhas na rede = 2

Numero de desniveis da rede = 12

B = -1 0 0 0 0 0
1 -1 0 0 0 0
0 1 -1 0 0 0
0 0 1 -1 0 0
0 0 0 1 -1 0
0 0 0 0 1 0
-1 0 0 0 0 0
1 -1 0 0 0 0
0 1 -1 0 0 0
0 0 1 0 0 -1
0 0 0 -1 0 1
0 0 0 1 0 0

Cota ajustada do ponto P1 = 80.217 ± 0.153
Cota ajustada do ponto M1 = 79.180 ± 0.236
Cota ajustada do ponto P = 77.843 ± 0.255
Cota ajustada do ponto M2 = 77.852 ± 0.247
Cota ajustada do ponto P7 = 78.092 ± 0.239
Cota ajustada do ponto P3 = 77.001 ± 0.438

"T1",1.6750,9.60,80.108,-1
"P1",1.318,21.40,1.532,10.4
"M1",0.816,17.2,2.262,22.1
"P",1.552,15.1,2.126,16.7
"M2",1.705,22.4,1.395,14.9
"P7",2.030,27.80,1.6,21.0
"T1",80.108,0.7,0.183,26.2
"C1n",1.4903,13.66,80.567,-1
"P1",1.2525,23.05,1.8056,13.31
"M1",0.8363,16.39,2.3073,23.65
"P",0.7625,21.94,2.0358,14.52
"P3",1.6489,26.82,2.0805,25.55
"M2",1.4041,23.09,1.3347,26.85
"P5",76.947,1.3,1.4527,24.9

* Ajustamento de uma REDE de nivelamento geometrico *

Ficheiro de dados: G1_T1_T1_C1n_P5.txt

Numero total de linhas do ficheiro = 14

Mudanca de linha da rede = 1

Mudanca de linha da rede = 8

Mudanca de linha da rede = 15

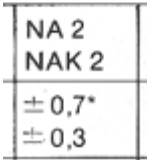
Numero de linhas na rede = 2

Numero de desniveis da rede = 12

B = -1 0 0 0 0 0 0 0
1 -1 0 0 0 0 0 0
0 1 -1 0 0 0 0 0
0 0 1 -1 0 0 0 0
0 0 0 1 -1 0 0 0
0 0 0 0 1 0 0 0
-1 0 0 0 0 0 0 0
1 0 0 0 0 -1 0 0
0 0 -1 0 0 1 0 0
0 0 1 0 0 0 -1 0
0 0 0 0 0 0 1 -1
0 0 0 0 0 0 0 1

Cota ajustada do ponto P1 = 80.251 ± 0.000
Cota ajustada do ponto M1 = 79.308 ± 0.001
Cota ajustada do ponto P = 77.998 ± 0.001
Cota ajustada do ponto M2 = 78.155 ± 0.001
Cota ajustada do ponto P7 = 78.261 ± 0.001
Cota ajustada do ponto M3 = 79.197 ± 0.001
Cota ajustada do ponto P3 = 76.680 ± 0.001
Cota ajustada do ponto M4 = 76.995 ± 0.001

Percorso T1-T1



"T1",1.657,9.4,80.108,-1
 "P1",1.188,24,1.511,11.4
 "M1",0.905,12.6,1.984,15
 "P",1.635,23.4,2.363,16.5
 "M2",1.536,12.4,1.352,25.5
 "P7",1.718,22.8,1.565,12
 "M3",2.934,14.3,1.616,16
 "T1",80.108,0.7,1.188,20.5

Medição de distância: Data: 09.03.2024, Instrumento: NIAZ, Estação: 1, Alvo: 1

Grupo: 2, Operador: _____, Topógrafo: _____

	Metro anexo	Distância metro anexo (PS-PI)*100	Metro a Estação	Distância metro a Estação	Distância do metro anexo	Desvio	Cota	Correção acumulada	Cota ajustada
T1	IS	1.204	9.4						
	II	1.230							
	(IS-II)/2	1.217							
	IM	1.257							
P1	IS	1.303	24	1.363	11.4	20.8	0.076		
	II	1.068		1.434					
	(IS-II)/2	1.185		1.511					
	IM	1.188		1.511					
H1	IS	0.966	12.6	2.059	15	39	-0.071		
	II	0.542		1.909					
	(IS-II)/2	0.905		1.984					
	IM	0.904		1.985					
P	IS	1.262	23.4	2.400	16.5	29.1	-1.459		
	II	1.228		2.355					
	(IS-II)/2	1.245		2.377					
	IM	1.235		2.363					
H2	IS	1.598	17.4	1.479	25.5	48.9	0.283		
	II	1.474		1.774					
	(IS-II)/2	1.536		1.755					
	IM	1.526		1.737					
P7	IS	1.832	22.8	1.625	12	24.4	-0.029		
	II	1.604		1.505					
	(IS-II)/2	1.718		1.565					
	IM	1.718		1.565					
H3	IS	3.005	14.3	1.696	16	38.4	0.102		
	II	2.862		1.536					
	(IS-II)/2	2.9335		1.616					
	IM	2.934		1.616					
T1	IS		(PS-II)*100	1.290	20.5	34.8	1.746		
	II			1.085					
	(IS-II)/2			1.1875					
	IM			1.188					
	IS		(PS-II)*100						
	II								
	(IS-II)/2								
	IM								

Substituição = _____; Δm^{mex} = _____; Δm^{mex} = _____; Δm^{mex} = _____; Δm^{mex} = _____

Erro de fecho = cota de partida - cota de chegada = $\sum \text{desvios}$ = _____; Tolerância = $2.6 \sqrt{K \sum D_i^2 + \sigma_{\text{peleto}}^2 + \sigma_{\text{despejo}}^2}$ = _____

Correção = $-(D_i / \sum D_i) \times \text{Erro de fecho}$

 * Ajustamento de uma linha de nivelamento geometrico *

Ficheiro de dados: G2_T1_T1.txt
 Erro de fecho da linha (m) = -0.0060

Tolerancia (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas dos slides 94 e 96 = 0.0029

Desenvolvimento da linha (km) = 0.236
 Numero de desniveis da linha = 7
 Numero de desniveis/km = 29.7

Tolerancia baixa (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0160
Tolerancia media (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0081
Tolerancia alta (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0053

|erro de fecho| > tolerancia => Rejeitar observacoes, repetir trabalho de campo.



G2

Percurso C1n-P5

Technical Data		DiNi® 22
Accuracy as per DIN 18723		
Standard deviation on 1 km of double levelling		
Electronic measurement:		
- invar precision bar code staff	0.7 mm	
- foldable bar code staff	1.3 mm	
Visual measurement		
- foldable staff, metric scale	2.0 mm	

"C1n",1.4903,13.66,80.567,-1
"P1",1.2525,23.05,1.8056,13.31
"M1",0.8363,16.39,2.3073,23.65
"P",0.7625,21.94,2.0358,14.52
"P3",1.6489,26.82,2.0805,25.55
"M2",1.4041,23.09,1.3347,26.85
"P5",76.947,1.3,1.4527,24.9

Medição Geométrica: Data: 04/12/2016; Instrumento: Nivo Din 22; Fuma: _____

Orçamento: _____; Operador: _____; Trabalho: _____

	Nº de pontos	Distância entre pontos (m)	Nº de triângulos	Distância entre triângulos (m)	Desnível (m)	Cota	Correção de altura (m)	Cota ajustada (m)
C1n	IS	(P5-P1)*100						
	B							
	(P5+P1)/2							
	IM	1.4903	13.66					
P1	IS	(P5-P1)*100						
	B							
	(P5+P1)/2	22.43		12.04	27.14			
	IM	1.2525	23.05					
M1	IS	(P5-P1)*100						
	B							
	(P5+P1)/2	15.48		11.93	40.66			
	IM	0.8363	16.39					
P	IS	(P5-P1)*100						
	B							
	(P5+P1)/2	26.15		20.98	36.76			
	IM	0.7625	21.94					
P3	IS	(P5-P1)*100						
	B							
	(P5+P1)/2	26.48		20.53	46.48			
	IM	1.6489	26.82					
M2	IS	(P5-P1)*100						
	B							
	(P5+P1)/2	23.62		25.24	52.22			
	IM	1.4041	23.09					
P5	IS	(P5-P1)*100						
	B							
	(P5+P1)/2			25.28	48.9			
	IM							
	IS	(P5-P1)*100						
	B							
	(P5+P1)/2							
	IM							
	IS	(P5-P1)*100						
	B							
	(P5+P1)/2							
	IM							

Identificação: _____; IM: _____; IM: _____; IM: _____; IM: _____

Erro de fecho = cota de partida - cota de chegada + $\sum \text{desníveis}$ = _____; Tolerância = $1.6 \sqrt{\frac{K \sum D^3}{n}} + \sigma_{\text{ponto}}^2 + \sigma_{\text{ângulo}}^2$ = _____

Correção = $-\left(\frac{D_i}{\sum D_i}\right) \times \text{Erro de fecho}$

* Ajustamento de uma linha de nivelamento geométrico *

Ficheiro de dados: G2_C1n_P5.txt
Erro de fecho da linha (m) = 0.0007

Tolerancia (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas dos slides 94 e 96 = 0.0060

Desenvolvimento da linha (km) = 0.252
Numero de desniveis da linha = 6
Numero de desniveis/km = 23.8

Tolerancia baixa (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0148
Tolerancia media (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0075
Tolerancia alta (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0049

|erro de fecho| < tolerancia => Aceitar observacoes, seguir para ajustamento.

Erro de fecho da linha apos ajustamento (m) = 0.0000

Teste da razao das variancias: aceitar o ajustamento.

altitude ajustada do ponto P1 = 80.252 ± 0.000
altitude ajustada do ponto M1 = 79.399 ± 0.000
altitude ajustada do ponto P = 78.000 ± 0.000
altitude ajustada do ponto P3 = 76.680 ± 0.000
altitude ajustada do ponto M2 = 76.954 ± 0.000

Incerteza nominal do aparelho = 1.3 mm/km niv. duplo
Incerteza real do aparelho = 1.3 mm/km niv. duplo

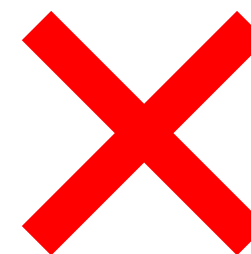


		Mira atrás	Distância mira-nível	Mira à frente	Distância mira-nível	Distância D, entre miras	Desnível	Cota	Correcção acumulada	Cota ajustada
T1	IS	1.680	(fS-fi)*100 15.5					80.108	0	80.108
	fi	1.525								
	(fS+fi)/2	1.6025								
	fM	1.635								
P1	IS	1.480	(fS-fi)*100 9.1	1.005	17	32.5	0.665	80.773	0.142	80.915
	fi	1.389		0.855						
	(fS+fi)/2	1.4345		0.92						
	fM	1.435		0.970						
P	IS	3.480	(fS-fi)*100 49.5	2.510	25	34.1	-0.95	79.823	0.149	79.972
	fi	2.985		2.260						
	(fS+fi)/2	3.235		2.385						
	fM	3.232		2.385						
P7	IS	2.295	(fS-fi)*100 32.9	1.662	21.6	71.1	1.677	81.700	0.310	82.010
	fi	1.966		1.446						
	(fS+fi)/2	2.1305		1.554						
	fM	2.130		1.555						
T1	IS		(fS-fi)*100 24.6	0.309	57.5	1.843	1.843	79.857	0.251	80.108
	fi			0.063						
	(fS+fi)/2			0.186						
	fM			0.287						
	IS		(fS-fi)*100							
	fi									
	(fS+fi)/2									
	fM									
	IS		(fS-fi)*100							
	fi									
	(fS+fi)/2									
	fM									
	IS		(fS-fi)*100							
	fi									
	(fS+fi)/2									
	fM									
	IS		(fS-fi)*100							
	fi									
	(fS+fi)/2									
	fM									

$\sum \text{desníveis} = 3.235$; $\sum fM^{\text{atrás}} = 8.432$; $\sum fM^{\text{frente}} = 5.197$; $\sum fM^{\text{atrás}} - \sum fM^{\text{frente}} = 3.235$

Erro de fecho = cota de partida - cota de chegada + $\sum \text{desníveis} = 3.235$; Tolerância = $2.6 \sqrt{K \sum D_i^2 + \sigma_{\text{partida}}^2 + \sigma_{\text{chegada}}^2} = 0.0013 \text{ m}$

Correcção = $-\left(D_i^2 / \sum D_i^2 \right) \times \text{Erro de fecho}$ 195.2 m



G3

Percurso T1-T1

		Mira atrás	Distância mira-nível	Mira à frente	Distância mira-nível	Distância D _i entre miras	Desnível	Cota	Correcção acumulada	Cota ajustada
C1n	fS		(fS-fi)*100					80.567	0	80.567
	fi									
	(fS+fi)/2		13.73							
	fM	1.5187								
P1	fS		(fS-fi)*100					80.2525	-0.0008	80.2517
	fi				13.06	49.55	-0.3145			
	(fS+fi)/2		36.49							
	fM	0.7279		1.8332						
AUX1	fS		(fS-fi)*100					78.8898	-0.0024	78.8874
	fi				15.28	27.71	-1.3627			
	(fS+fi)/2		12.43							
	fM	1.0733		2.0906						
P	fS		(fS-fi)*100					78.0057	-0.0031	78.0026
	fi				12.55	39.86	-0.8841			
	(fS+fi)/2		27.31							
	fM	0.8218		1.9574						
P3	fS		(fS-fi)*100					76.6850	-0.0044	76.6806
	fi				16.86	38.48	-1.3207			
	(fS+fi)/2		21.62							
	fM	1.4180		2.1425						
AUX2	fS		(fS-fi)*100					76.8793	-0.0059	76.8734
	fi				27.23	42.40	0.1943			
	(fS+fi)/2		15.17							
	fM	1.3889		1.2237						
P5	fS		(fS-fi)*100					76.9543	-0.0073	76.9470
	fi				31.26	46.43	0.0750			
	(fS+fi)/2									
	fM			1.3139						
	fS		(fS-fi)*100							
	fi									
	(fS+fi)/2									
	fM									
	fS		(fS-fi)*100							
	fi									
	(fS+fi)/2									
	fM									

$\Sigma \text{desníveis} = -3.6127$; $\Sigma fM^{\text{atrás}} = 6.9486$; $\Sigma fM^{\text{chegada}} = 10.5613$; $\Sigma fM^{\text{atrás}} - \Sigma fM^{\text{chegada}} = -3.6127$

Erro de fecho = cota de partida - cota de chegada + $\Sigma \text{desníveis} = 0.0073$; Tolerância = $2.6 \sqrt{K \Sigma D_j^2 + \sigma_{\text{perda}}^2 + \sigma_{\text{chegada}}^2} = 0.0058 \text{ m}$

* Ajustamento de uma linha de nivelamento geometrico *

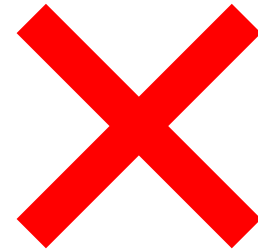
Ficheiro de dados: G3_C1n_P5.txt
Erro de fecho da linha (m) = 1.0246

Tolerancia (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas dos slides 94 e 96 = 0.0056

Desenvolvimento da linha (km) = 0.215
Numero de desniveis da linha = 5
Numero de desniveis/km = 23.2

Tolerancia baixa (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0135
Tolerancia media (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0068
Tolerancia alta (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0045

|erro de fecho|>tolerancia => Rejeitar observacoes, repetir trabalho de campo.



G3

Percurso C1n-P5

"C1n",1.5187,13.73,80.567,-1
"P1",0.7279,36.49,1.8332,13.06
"aux1",1.0733,12.43,2.0906,15.28
"P",0.8218,27.31,1.9574,12.55
"P3",1.4180,21.62,2.1425,16.86
"aux2",1.3889,15.17,1.2237,27.23
"P5",76.947,1.3,1.3139,31.26

Nivelamento Geométrico: Data: ____/____/____; Instrumento: Nivel W.10 NA2; Folha: 1 / 1;

Grupo: 04; Operador: João, Sónia, António, Tiago; Troço: _____

		Mira atrás	Distância mira-nível	Mira à frente	Distância mira-nível	Distância D, entre miras	Desnível	Cota	Correcção acumulada	Cota ajustada
T ₁	IS	1,744	(IS-ni)*100 9,8							
	FI	1,646								
	(IS+FI)/2	1,695						80,108	0,000	80,108
	FM	1,695								
P ₁	IS	1,320	(IS-ni)*100 21,6	1,602						
	FI	1,64		1,499						
	(IS+FI)/2	1,272		1,550	10,3	20,1	0,145	80,253	0,000	80,253
	FM	1,272		1,550						
M ₁	IS	0,943	(IS-ni)*100 18	2,215						
	FI	0,763		2,043						
	(IS+FI)/2	0,853		2,129	17,2	38,2	-0,257	79,396	0,000	79,396
	FM	0,853		2,129						
P	IS	1,705	(IS-ni)*100 21,4	2,352						
	FI	1,491		2,146						
	(IS+FI)/2	1,598		2,249	20,6	38,6	-1,396	78	0,000	78
	FM	1,599		2,249						
M ₂	IS	1,627	(IS-ni)*100 19	1,438						
	FI	1,437		1,195						
	(IS+FI)/2	1,532		1,316	24,3	45,7	0,283	78,283	0,000	78,283
	FM	1,532		1,316						
P ₂	IS	2,152	(IS-ni)*100 25,6	1,641						
	FI	1,896		1,461						
	(IS+FI)/2	2,024		1,551	18	37	-0,019	78,264	0,000	78,264
	FM	2,024		1,551						
T ₂	IS		(IS-ni)*100	0,325						
	FI			0,035						
	(IS+FI)/2			0,180	29	54,6	1,844	80,108	0,000	80,108
	FM			0,180						
	IS		(IS-ni)*100							
	FI									
	(IS+FI)/2									
	FM									

$\sum \text{Desníveis} = 0$; $\sum \text{FM}^{\text{atrás}} = 8,975$; $\sum \text{FM}^{\text{frente}} = 8,975$; $\sum \text{M}^{\text{atrás}} - \sum \text{M}^{\text{frente}} = 0$

Erro de fecho = cota de partida - cota de chegada + $\sum \text{Desníveis} = 0$; Tolerância = $2,6 \sqrt{K \sum D_i^2 + \sigma^2_{\text{partida}} + \sigma^2_{\text{chegada}}} = 0,005626198545$

Correcção = $-(D_i^2 / \sum D_i^2) \times \text{Erro de fecho}$
 $\sum D_i^2 = 9838,06$
 $\sum D_i = 234,8$

 * Ajustamento de uma linha de nivelamento geométrico *

Ficheiro de dados: G4_T1_T1.txt
 Erro de fecho da linha (m) = 0.0000

Tolerancia (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas dos slides 94 e 96 = 0.0031

Desenvolvimento da linha (km) = 0.235
 Numero de desniveis da linha = 6
 Numero de desniveis/km = 25.6

Tolerancia baixa (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0148
 Tolerancia media (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0075
 Tolerancia alta (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0049

|erro de fecho| < tolerancia => Aceitar observacoes, seguir para ajustamento.

Erro de fecho da linha apos ajustamento (m) = 0.0000

Teste da razao das variancias: aceitar o ajustamento.

altitude ajustada do ponto P1 = 80.253 ± 0.000
 altitude ajustada do ponto M1 = 79.396 ± 0.000
 altitude ajustada do ponto P = 78.000 ± 0.000
 altitude ajustada do ponto M2 = 78.283 ± 0.000
 altitude ajustada do ponto P7 = 78.264 ± 0.000

Incerteza nominal do aparelho = 0.7 mm/km niv. duplo
 Incerteza real do aparelho = 0.7 mm/km niv. duplo



G4

Percurso T1-T1

NA2



NA 2
NAK 2
± 0,7*
± 0,3

"T1", 1.695, 9.8, 80.108, -1
 "P1", 1.272, 21.6, 1.550, 10.3
 "M1", 0.853, 18.0, 2.129, 17.2
 "P", 1.599, 21.4, 2.249, 20.6
 "M2", 1.532, 19.0, 1.316, 24.3
 "P7", 2.024, 25.6, 1.551, 18.0
 "T1", 80.108, 0.7, 0.180, 29.0

		Mira atrás	Distância mira-nível	Mira à frente	Distância mira-nível	Distância D _i entre miras	Desnível	Cota	Correcção acumulada	Cota ajustada
C _{1n}	IS		(IS-II)*100							
	II									
	(IS+II)/2							80,567	0,000	80,567
	IM	1,4226	15,31							
P ₁	IS		(IS-II)*100							
	II									
	(IS+II)/2						-0,3150	80,2520	0,0000	80,2520
	IM	1,2257	21,66	1,7376	11,70	27,01				
H ₁	IS		(IS-II)*100							
	II									
	(IS+II)/2						-1,0391	79,2129	0,0000	79,2129
	IM	0,8762	15,63	2,2648	22,74	44,4				
P	IS		(IS-II)*100							
	II									
	(IS+II)/2								0,0000	77,9929
	IM	0,4970	26,34	2,0902	17,29	32,92	-1,2140	77,9929		
P ₃	IS		(IS-II)*100							
	II									
	(IS+II)/2							76,6780	0,0000	76,6780
	IM	1,4866	27,69	1,8179	20,45	46,79	-1,3209			
H ₂	IS		(IS-II)*100							
	II									
	(IS+II)/2						0,4631	77,1411	0,0000	77,1411
	IM	1,0623	29,19	1,0235	27,32	55,01				
P ₅	IS		(IS-II)*100							
	II									
	(IS+II)/2						-0,1959	76,9452	0,0000	76,9452
	IM			1,2582	29,83	59,02				
	IS		(IS-II)*100							
	II									
	(IS+II)/2									
	IM									
	IS		(IS-II)*100							
	II									
	(IS+II)/2									
	IM									

Desníveis = -3,6218; $\sum IM^{atras} =$ 6,5104; $\sum IM^{frente} =$ 10,1922; $\sum IM^{atras} - \sum IM^{frente} =$ -3,6218

Erro de fecho = cota de partida - cota de chegada = $\sum \text{desníveis} =$ 0; Tolerância = $2,6 \sqrt{K \sum D_i^2 + \sigma_{\text{ponto}}^2 + \sigma_{\text{duplo}}^2} =$ 0,006337626

Correcção = $-(D_i' / \sum D_i') \times \text{Erro de fecho}$
 $\sum D_i' = 265,15$
 $\sum D_i'^2 = 12489,3911$

 * Ajustamento de uma linha de nivelamento geometrico *

Ficheiro de dados: G4_C1n_P5.txt

Erro de fecho da linha (m) = -0.0018

Tolerancia (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas dos slides 94 e 96 = 0.0063

Desenvolvimento da linha (km) = 0.265

Numero de desniveis da linha = 6

Numero de desniveis/km = 22.6

Tolerancia baixa (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0148

Tolerancia media (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0075

Tolerancia alta (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0049

|erro de fecho| < tolerancia => Aceitar observacoes, seguir para ajustamento.

Erro de fecho da linha apos ajustamento (m) = -0.0000

Teste da razao das variancias: aceitar o ajustamento.

altitude ajustada do ponto P1 = 80.252 ± 0.001

altitude ajustada do ponto H1 = 79.213 ± 0.001

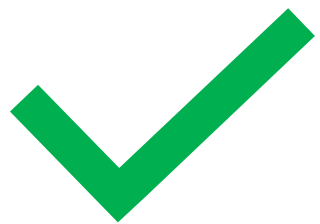
altitude ajustada do ponto P = 78.000 ± 0.001

altitude ajustada do ponto P3 = 76.679 ± 0.001

altitude ajustada do ponto H2 = 77.142 ± 0.001

Incerteza nominal do aparelho = 1.3 mm/km niv. duplo

Incerteza real do aparelho = 1.3 mm/km niv. duplo



G4

Percurso C1n-P5

"C1n", 1.4226, 15.31, 80.567, -1
 "P1", 1.2257, 21.66, 1.7376, 11.70
 "H1", 0.8762, 15.63, 2.2648, 22.74
 "P", 0.4970, 26.34, 2.0902, 17.29
 "P3", 1.4866, 27.69, 1.8179, 20.45
 "H2", 1.0623, 29.19, 1.0235, 27.32
 "P5", 76.947, 1, 3, 1.2582, 29.83

"T1",1.695,9.8,80.108,-1
"P1",1.272,21.6,1.550,10.3
"M1",0.853,18.0,2.129,17.2
"P",1.599,21.4,2.249,20.6
"M2",1.532,19.0,1.316,24.3
"P7",2.024,25.6,1.551,18.0
"T1",80.108,0.7,0.180,29.0
"C1n",1.4226,15.31,80.567,-1
"P1",1.2257,21.66,1.7376,11.70
"H1",0.8762,15.63,2.2648,22.74
"P",0.4970,26.34,2.0902,17.29
"P3",1.4866,27.69,1.8179,20.45
"H2",1.0623,29.19,1.0235,27.32
"P5",76.947,1.3,1.2582,29.83

* Ajustamento de uma REDE de nivelamento geometrico *

Ficheiro de dados: G4_T1_T1_C1n_P5.txt
Numero total de linhas do ficheiro = 14

Mudanca de linha da rede = 1
Mudanca de linha da rede = 8
Mudanca de linha da rede = 15

Numero de linhas na rede = 2

Numero de desniveis da rede = 12

B =

-1 0 0 0 0 0 0
1 -1 0 0 0 0 0
0 1 -1 0 0 0 0
0 0 1 -1 0 0 0
0 0 0 1 -1 0 0
0 0 0 0 1 0 0
-1 0 0 0 0 0 0
1 0 0 0 -1 0 0
0 0 -1 0 0 1 0
0 0 1 0 0 0 -1 0
0 0 0 0 0 1 -1
0 0 0 0 0 0 1

Cota ajustada do ponto P1 = 80.253 ± 0.000
Cota ajustada do ponto M1 = 79.396 ± 0.000
Cota ajustada do ponto P = 78.000 ± 0.000
Cota ajustada do ponto M2 = 78.283 ± 0.000
Cota ajustada do ponto P7 = 78.264 ± 0.000
Cota ajustada do ponto H1 = 79.214 ± 0.000
Cota ajustada do ponto P3 = 76.679 ± 0.001
Cota ajustada do ponto H2 = 77.143 ± 0.001

Nivelamento Geométrico: Data: 12 / 03 / 26; Instrumento: Leica Wild NA2; Folha: 01 / 02;

Grupo: 06; Operador: Grupo 06 Troço: Linha Fechada - T₁-P₁-P-P₇-T₁

		Mira atrás	Distância mira-nível	Mira à frente	Distância mira-nível	Distância D _i entre miras	Desnível	Cota	Correcção acumulada	Cota ajustada
T ₁	IS	1.636	(IS-fl)*100							
	fl	1.542								
	(IS+fl)/2	1.589	9.4							
	fM	1.591								
P ₁	IS	1.365	(IS-fl)*100	1.487						
	fl	1.191		1.379						
	(IS+fl)/2	1.278	17.4	1.433	10.8	20.2	0.159	80.267	0	80.267
	fM	1.278		1.432						
A ₁	IS	0.805	(IS-fl)*100	1.880						
	fl	0.645		1.755						
	(IS+fl)/2	0.725	16	1.8175	12.5	29.9	-0.54	79.727	0.001	79.728
	fM	0.725		1.818						
P	IS	1.977	(IS-fl)*100	2.673						
	fl	1.823		2.386						
	(IS+fl)/2	1.900	15.4	2.5295	28.7	44.7	-1.806	77.921	0.002	77.922
	fM	1.899		2.531						
A ₂	IS	1.624	(IS-fl)*100	1.760						
	fl	1.480		1.529						
	(IS+fl)/2	1.552	14.4	1.6445	23.1	38.5	0.254	78.175	0.002	78.177
	fM	1.552		1.645						
P ₇	IS	1.686	(IS-fl)*100	1.572						
	fl	1.550		1.438						
	(IS+fl)/2	1.618	13.6	1.505	13.4	27.8	0.047	78.222	0.002	78.224
	fM	1.618		1.505						
A ₃	IS	2.768	(IS-fl)*100	1.491						
	fl	2.585		1.348						
	(IS+fl)/2	2.6765	18.3	1.4195	14.3	27.9	0.197	78.419	0.002	78.421
	fM	2.677		1.421						
T ₁	IS		(IS-fl)*100	1.091						
	fl			0.891						
	(IS+fl)/2			0.991	20.0	38.3	1.686	80.105	0.003	80.108
	fM			0.991						
	IS		(IS-fl)*100							
	fl									
	(IS+fl)/2									
	fM									

Σ desníveis = -0.003; Σ M^{atrás} = 11.34; Σ M^{à frente} = 11.343; Σ M^{atrás} - Σ M^{à frente} = -0.003

Erro de fecho = cota de partida - cota de chegada + Σ desníveis = -0.003; Tolerância = $2.6 \sqrt{K \Sigma D_i^2 + \sigma_{partida}^2 + \sigma_{chegada}^2}$ = 0.005

Correcção = $-(D_i / \Sigma D_i) \times$ Erro de fecho

* Ajustamento de uma linha de nivelamento geométrico *

Ficheiro de dados: G5_T1_T1.txt

Erro de fecho da linha (m) = -0.0015

Tolerancia (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas dos slides 94 e 96 = 0.0028

Desenvolvimento da linha (km) = 0.227

Numero de desniveis da linha = 7

Numero de desniveis/km = 30.8

Tolerancia baixa (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0160

Tolerancia media (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0081

Tolerancia alta (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0053

|erro de fecho| < tolerancia => Aceitar observacoes, seguir para ajustamento.

Erro de fecho da linha apos ajustamento (m) = -0.0000

Teste da razao das variancias: rejeitar o ajustamento. Degradar incerteza nominal do aparelho 0.5 mm/km.

Teste da razao das variancias: aceitar o ajustamento.

altitude ajustada do ponto P1 = 80.264 ± 0.000

altitude ajustada do ponto A1 = 79.725 ± 0.001

altitude ajustada do ponto P = 77.921 ± 0.001

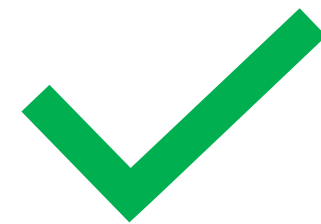
altitude ajustada do ponto A2 = 78.176 ± 0.001

altitude ajustada do ponto P7 = 78.224 ± 0.001

altitude ajustada do ponto A3 = 78.422 ± 0.001

Incerteza nominal do aparelho = 0.7 mm/km niv. duplo

Incerteza real do aparelho = 1.2 mm/km niv. duplo



G5

Percurso T1-T1



NA 2
NAK 2
± 0,7*
± 0,3

"T1 ", 1.589, 9.4, 80.108, -1
 "P1 ", 1.278, 17.4, 1.433, 10.8
 "A1 ", 0.725, 16.0, 1.8175, 12.5
 "P ", 1.900, 15.4, 2.5295, 28.7
 "A2 ", 1.552, 14.4, 1.6445, 23.1
 "P7 ", 1.618, 13.6, 1.505, 13.4
 "A3 ", 2.6765, 18.3, 1.4195, 14.3
 "T1 ", 80.108, 0.7, 0.991, 20.0

	Mira atrás	Distância mira-nível	Mira à frente	Distância mira-nível	Distância D _i entre miras	Desnível	Cota	Correcção acumulada	Cota ajustada
C _{1n}	FS	(FS-RI)*100							
	FI								
	(FS+FI)/2	13.99							
	FM	1.3383							
P ₁	FS	(FS-RI)*100							
	FI								
	(FS+FI)/2	12.09		13.37	27.36	-0.316	80.251	0	80.251
	FM	1.3758	1.6543						
B ₁	FS	(FS-RI)*100							
	FI								
	(FS+FI)/2	24.52		12.12	24.21	-0.4189	79.8321	0	79.8321
	FM	0.5563	1.7947						
P	FS	(FS-RI)*100							
	FI								
	(FS+FI)/2	21.96		27.36	51.88	-1.4893	78.3428	-0.001	78.3418
	FM	0.8039	2.0456						
P ₃	FS	(FS-RI)*100							
	FI								
	(FS+FI)/2	27.05		24.67	46.63	-1.2197	77.1231	-0.001	77.1221
	FM	1.5224	2.0236						
B ₂	FS	(FS-RI)*100							
	FI								
	(FS+FI)/2	20.65		28.74	55.79	0.1712	77.2943	-0.002	77.2923
	FM	1.5392	1.3512						
P ₅	FS	(FS-RI)*100							
	FI								
	(FS+FI)/2			20.14	40.79	-0.3451	76.9492	-0.002	76.9472
	FM		1.8843						
	FS	(FS-RI)*100							
	FI								
	(FS+FI)/2								
	FM								
	FS	(FS-RI)*100							
	FI								
	(FS+FI)/2								
	FM								

$\Sigma \text{Desníveis} = -3.6178$; $\Sigma \text{IM}^{\text{atrás}} = 7.1359$; $\Sigma \text{IM}^{\text{frente}} = 10.7537$; $\Sigma \text{IM}^{\text{atrás}} - \Sigma \text{IM}^{\text{frente}} = -3.6178$

Erro de fecho = cota de partida - cota de chegada + $\Sigma \text{Desníveis} = 0.0022$; Tolerância = $2.6 \sqrt{K \Sigma D_i^2 + \sigma_{\text{partida}}^2 + \sigma_{\text{chegada}}^2} = 0.0059$

Correcção = $-\left(D_i^2 / \Sigma D_i^2 \right) \times \text{Erro de fecho}$

 * Ajustamento de uma linha de nivelamento geometrico *

Ficheiro de dados: G5_C1n_P5.txt
 Erro de fecho da linha (m) = 0.0022

Tolerancia (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas dos slides 94 e 96 = 0.0059

Desenvolvimento da linha (km) = 0.247
 Numero de desniveis da linha = 6
 Numero de desniveis/km = 24.3

Tolerancia baixa (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0148
 Tolerancia media (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0075
 Tolerancia alta (m) para o erro de fecho da linha c/ formulas do slide 91 = 0.0049

|erro de fecho| < tolerancia => Aceitar observacoes, seguir para ajustamento.

Erro de fecho da linha apos ajustamento (m) = 0.0000

Teste da razao das variancias: rejeitar o ajustamento. Degradar incerteza nominal do aparelho 0.5 mm/km.

Teste da razao das variancias: aceitar o ajustamento.

altitude ajustada do ponto P1 = 80.251 ± 0.001
 altitude ajustada do ponto B1 = 79.832 ± 0.001
 altitude ajustada do ponto P = 78.342 ± 0.001
 altitude ajustada do ponto P3 = 77.122 ± 0.001
 altitude ajustada do ponto B2 = 77.292 ± 0.001

Incerteza nominal do aparelho = 1.3 mm/km niv. duplo
 Incerteza real do aparelho = 1.8 mm/km niv. duplo



G5

Percurso C1n-P5

Technical Data		DiNi® 22	
Accuracy as per DIN 18723			
Standard deviation on 1 km of double levelling			
Electronic measurement:			
- invar precision bar code staff	0.7 mm		
- foldable bar code staff	1.3 mm		
Visual measurement			
- foldable staff, metric scale	2.0 mm		

"C1n ", 1.3383, 13.99, 80.567, -1
 "P1 ", 1.3758, 12.09, 1.6543, 13.37
 "B1 ", 0.5563, 24.52, 1.7947, 12.12
 "P ", 0.8039, 21.96, 2.0456, 27.36
 "P3 ", 1.5224, 27.05, 2.0236, 24.67
 "B2 ", 1.5392, 20.65, 1.3512, 28.74
 "P5 ", 76.947, 1.3, 1.8843, 20.14

 * Ajustamento de uma REDE de nivelamento geometrico *

Ficheiro de dados: G5_T1_T1_C1n_P5.txt

Numero total de linhas do ficheiro = 15

"T1",1.589,9.4,80.108,-1
 "P1",1.278,17.4,1.433,10.8
 "A1",0.725,16.0,1.8175,12.5
 "P",1.900,15.4,2.5295,28.7
 "A2",1.552,14.4,1.6445,23.1
 "P7",1.618,13.6,1.505,13.4
 "A3",2.6765,18.3,1.4195,14.3
 "T1",80.108,0.7,0.991,20.0
 "C1n",1.3383,13.99,80.567,-1
 "P1",1.3758,12.09,1.6543,13.37
 "B1",0.5563,24.52,1.7947,12.12
 "P",0.8039,21.96,2.0456,27.36
 "P3",1.5224,27.05,2.0236,24.67
 "B2",1.5392,20.65,1.3512,28.74
 "P5",76.947,1.3,1.8843,20.14

Mudanca de linha da rede = 1
 Mudanca de linha da rede = 9
 Mudanca de linha da rede = 16

Numero de linhas na rede = 2

Numero de desniveis da rede = 13

B =

-1 0 0 0 0 0 0 0
 1 -1 0 0 0 0 0 0
 0 1 -1 0 0 0 0 0
 0 0 1 -1 0 0 0 0
 0 0 0 1 -1 0 0 0
 0 0 0 0 1 -1 0 0
 0 0 0 0 0 1 0 0
 -1 0 0 0 0 0 0 0
 1 0 0 0 0 0 -1 0 0
 0 0 -1 0 0 0 1 0 0
 0 0 1 0 0 0 0 -1 0
 0 0 0 0 0 0 0 1 -1
 0 0 0 0 0 0 0 0 1

Cota ajustada do ponto P1 = 80.261 ± 0.056
 Cota ajustada do ponto A1 = 79.760 ± 0.086
 Cota ajustada do ponto P = 78.012 ± 0.096
 Cota ajustada do ponto A2 = 78.242 ± 0.102
 Cota ajustada do ponto P7 = 78.269 ± 0.096
 Cota ajustada do ponto A3 = 78.449 ± 0.081
 Cota ajustada do ponto B1 = 79.734 ± 0.124
 Cota ajustada do ponto P3 = 76.900 ± 0.165
 Cota ajustada do ponto B2 = 77.199 ± 0.148

	P1(T1-T1)	P(1-T1)	σ (T1-T1)	P1(C1n-P5)	P(C1n-P5)	σ (C1n-P5)	P1(rede)	P(rede)
G1	80.251±0.001	77.998±0.001	1.7mm/km	80.252±0.001	77.998±0.001	1.8mm/km	80.251±0.000	77.998±0.001
G2	x	x	x	80.252±0.000	78.000±0.000	1.3mm/km	x	x
G3	x	x	x	x	x	x	x	x
G4	80.253±0.000	78.000±0.000	0.7mm/km	80.252±0.001	78.000±0.001	1.3mm/km	80.253±0.000	78.000±0.000
G5	80.264±0.000	77.921±0.001	1.2mm/km	80.251±0.001	78.342±0.001	1.8mm/km	80.261±0.026	78.012±0.096

(valores em m)