

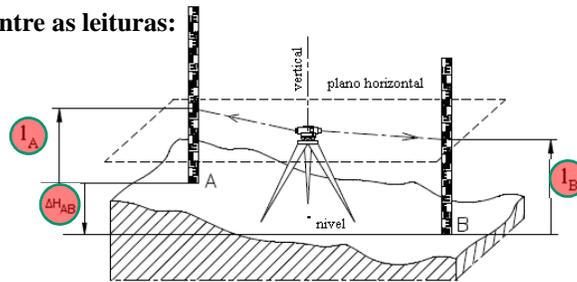
Nivelamento geométrico ou directo

O nivelamento geométrico ou directo consiste na determinação do desnível Δ_{AB} entre os pontos A e B através da utilização de um aparelho chamado nível e de uma régua vertical chamada mira. O nível é constituído por uma luneta que gira em torno de um eixo principal; quando o eixo principal é verticalizado, o movimento da luneta define um plano horizontal. A mira é sucessivamente colocada nos dois pontos A e B, efectuando o operador as leituras I_A e I_B . Obtém-se o desnível ou diferença de nível entre os pontos A e B efectuando a diferença entre as leituras:

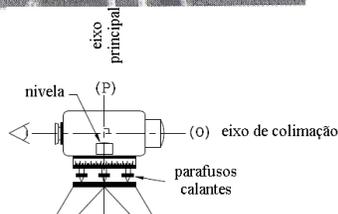
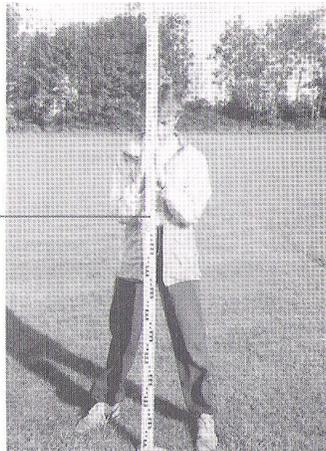
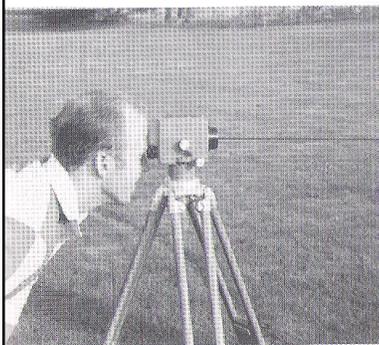
$$\Delta_{AB} = I_A - I_B$$

Tem-se da mesma forma:

$$\Delta_{BA} = I_B - I_A$$



Nivelamento geométrico ou directo



Material: Nível (cuja principal característica é a definição de linhas de visada horizontais) + 1 ou 2 miras

Nivelamento geométrico ou directo

Precisão	ERRO RELATIVO	NIVEIS (Ex.)	MIRAS	MEIA DISTÂNCIA.
Alta	0.1mm/100m (1ppm)	Wild N3 Wild NAK2	milimétrica Dupla Esc./Invar	1%
Média	1mm/100m (10 ppm)	Wild NA2 Zeiss DiNi	Centrimétrica Madeira/Plást.	10%
Baixa	1cm/100m (100 ppm)			

Fontes de Erro:

NÍVEL ----- Colimação (inclinação)
MIRAS ----- Má graduação
OBSERVADOR ----- Leitura/Calagem
EXTERNOS ----- Refracção

Nivelamento geométrico ou directo

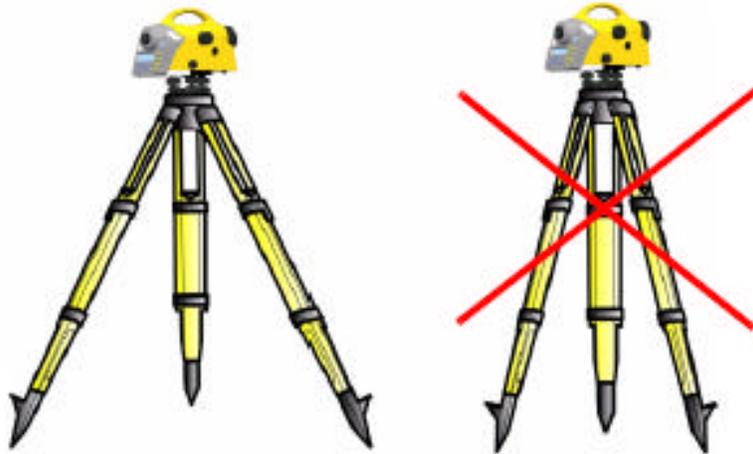
O tripé é estacionado num ponto qualquer, sendo as miras colocadas sobre os pontos cujo desnível se pretende determinar.



Para o nivelamento corrente utiliza-se com frequência o tripé GST20, de pés extensíveis; para nivelamento de precisão recomenda-se a utilização do tripé GST40, de pés fixos.

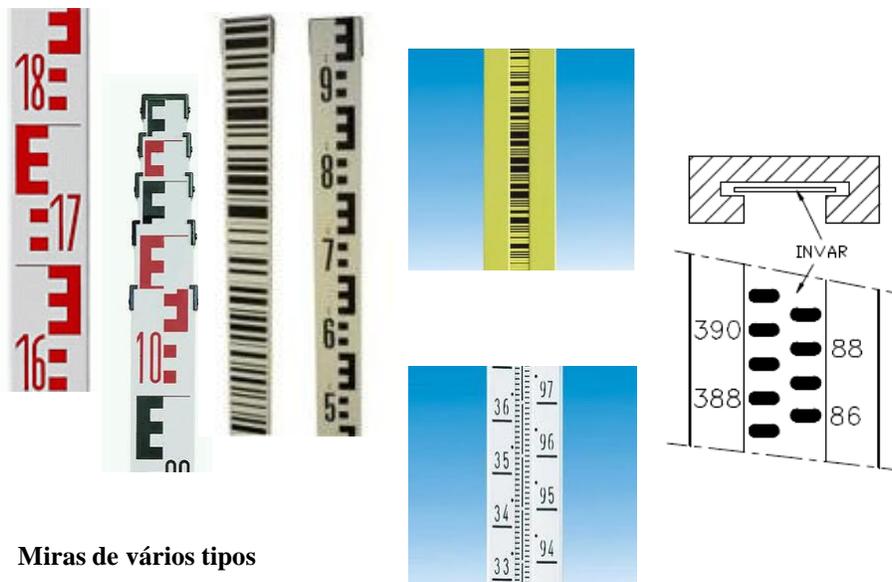


Nivelamento geométrico ou directo



A estabilidade do tripé é muito importante

Nivelamento geométrico ou directo

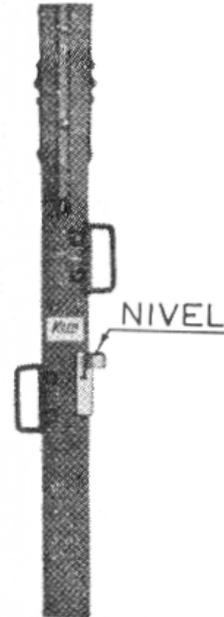


Miras de vários tipos

Nivelamento geométrico ou directo



Nivela esférica para definir um plano horizontal, que permite, por construção, verticalizar a mira



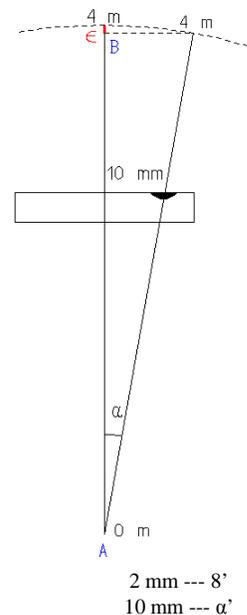
Nivelamento geométrico ou directo

Suponha-se que a sensibilidade da nivela esférica da mira é $8'/2 \text{ mm}$ e que o erro de centragem da respectiva bolha é igual a 10 mm (ou que a nivela está descalibrada dessa quantidade); este erro linear corresponde a um erro angular (de inclinação da mira em relação à vertical):

$$\alpha = \frac{10\text{mm}}{2\text{mm}} 8' = 40' = 0^\circ.67 = 0.74 \text{ gon}$$

Se a leitura na mira de 4 m de comprimento for efectuada no topo, a leitura 4 m excede o valor que seria lido no caso de a mira estar vertical num erro

$$\epsilon = 4 - AB = 4 - 4\cos 0.74 = 4(1 - \cos 0.74) = 0.3 \text{ mm}$$

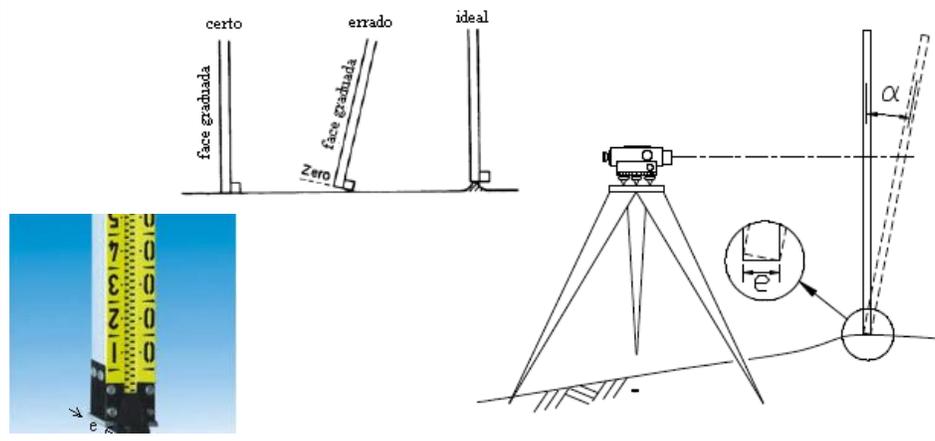


Nivelamento geométrico ou directo

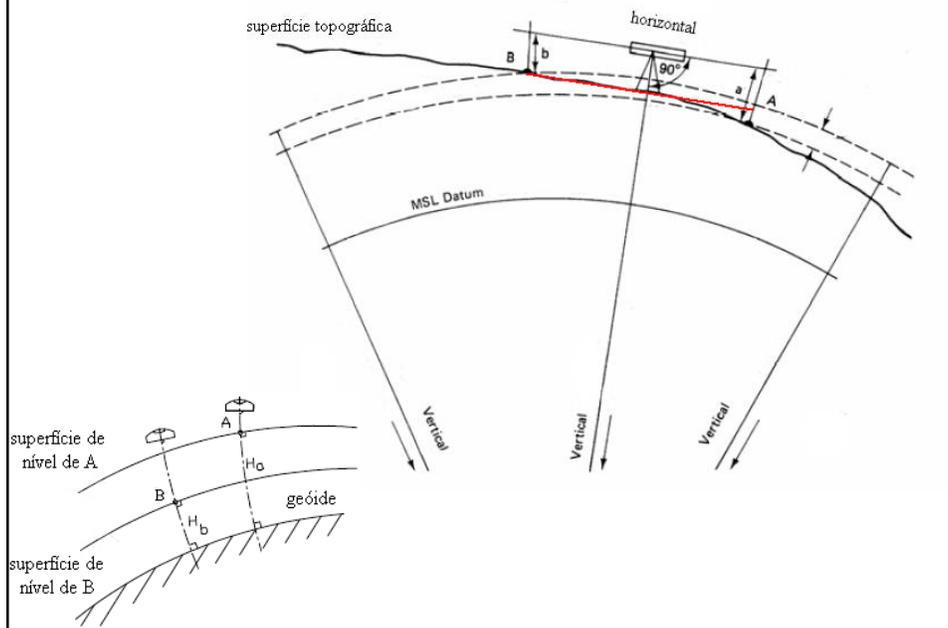
As miras de nivelamento quase nunca são calibradas; assim, impõe-se uma verificação ao fim de algum tempo de utilização. A regulação da **nivela esférica** é efectuada utilizando um fio de prumo, a partir do qual se coloca a mira vertical, sendo então regulada a posição da bolha através do parafuso de calagem.

Nivelamento geométrico ou directo

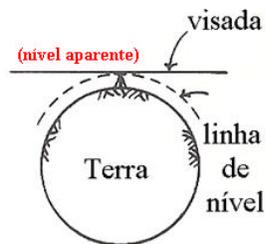
O efeito de levantamento da mira devido à sua largura, quando esta está inclinada, tende a diminuir o erro ε anterior desde que a mira bascule para trás, tendo-se $\varepsilon = m(1 - \cos \alpha) - e \tan \alpha$, sendo e a largura da mira e m o comprimento da mira.



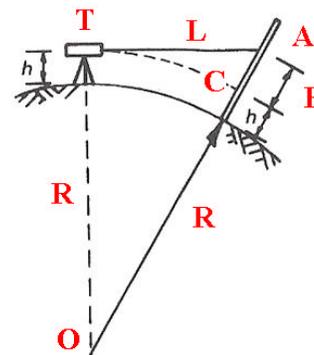
Nivelamento geométrico ou directo



Nivelamento geométrico ou directo



Efeito de curvatura



A substituição do nível verdadeiro pelo nível aparente provoca um erro na determinação da altitude de um ponto do terreno, designado por erro de curvatura da terra.

Pelo teorema de Pitágoras, pondo $E=AC$, $R + h \approx R$, o erro altimétrico **E** cometido ao considerar a visada TA em vez de TC é:

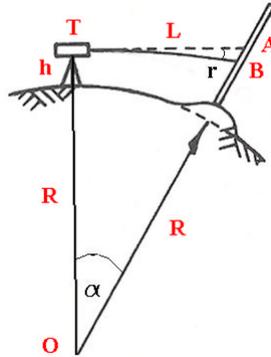
$$AO^2 = OT^2 + AT^2 \Rightarrow (E + (R+h))^2 = (R+h)^2 + L^2 \Rightarrow E^2 + 2RE + R^2 = R^2 + L^2$$

$$E = L^2 / (2R + E) \approx L^2 / 2R$$

Pondo $R = 6380 \text{ km}$, $E = L^2 \times 10^{-3} / 2 \times 6380 = 7.84 \times 10^{-8} L^2 \text{ m}$ (se **L=30 m**, $E=0.07 \text{ mm}$)

Nivelamento geométrico ou directo

Quando se efectua uma visada de um ponto para outro, o raio luminoso sofre uma refracção ao atravessar as camadas atmosféricas de densidades diferentes, seguindo uma trajetória curva, situada sobre o plano vertical da estação, cuja concavidade é dirigida sobre a superfície do solo (na grande generalidade das situações). Como consequência, o ponto A, quando visado de T é visto em B, originando o erro de refração E: $E = AB$. A superfície TB é dita superfície de nível óptico.



A partir das observações efectuadas por Biot, tem-se que o ângulo de refração $ATB = r$ é proporcional ao ângulo α segundo a relação

$$r = n \frac{\alpha}{2} \quad \text{onde } n \text{ é o índice de refração. Da figura:}$$

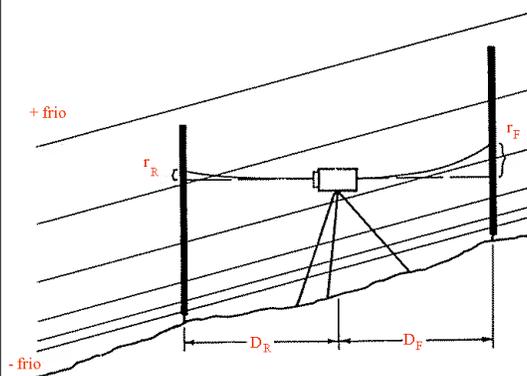
$$\alpha = \frac{TB}{R} \approx \frac{L}{R} \quad \text{donde } r = \frac{n L}{2 R}$$

Como AB é pequeno: $r = \frac{AB}{L}$ donde $AB = n \frac{L^2}{2R}$

Efeito da refração

($n \approx 0.14$)

Nivelamento geométrico ou directo



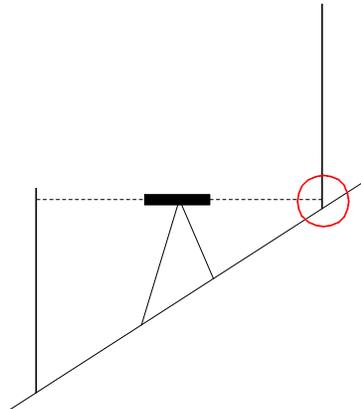
À medida que a altitude diminui, o ar torna-se mais denso, aumentando o seu coeficiente de refração.

Efeito da refração nas pontarias atrás
(R) e à frente (F)

Nivelamento geométrico ou directo

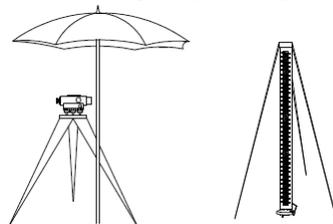
O efeito combinado da curvatura e da refração é $BC=AC-AB=L^2(1-n)/2R$.

Quando a linha de visada está muito próxima do solo (o que pode acontecer em terreno inclinado na visada à mira no ponto mais alto), a refração é muito variável, podendo até ter valores negativos.



Em terreno inclinado, não utilizar completamente o comprimento da mira, já que os efeitos da refração são diferentes na proximidade imediata do solo, podendo falsear os resultados.

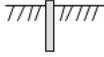
Nivelamento geométrico ou directo



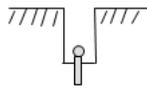
Em observações com sol descoberto, utilizar um guarda-sol para proteger o nível e mesmo na troca de estações o aparelho não deve ficar exposto ao sol.

Nivelamento geométrico ou directo

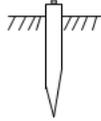
Moedas



Pistons



Estacas

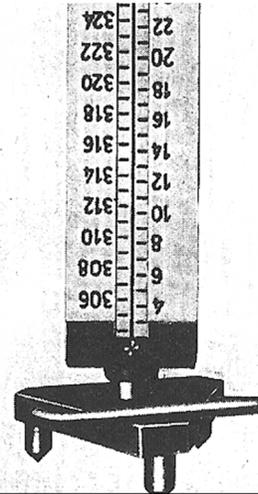


Sapatas



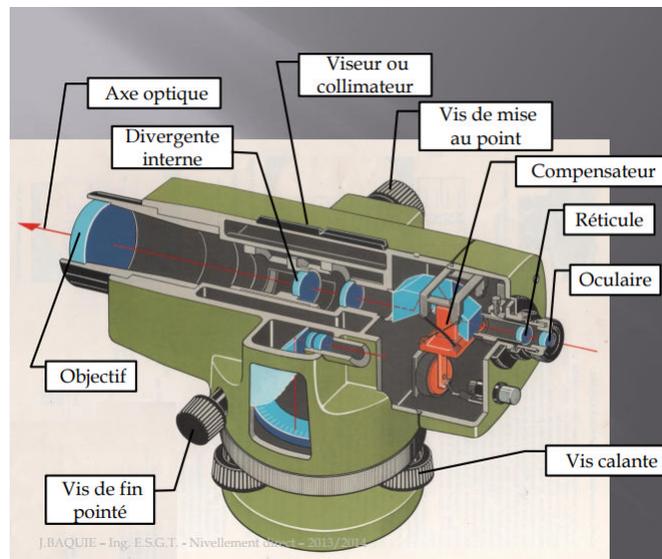
sapata

Monumentação dos pontos

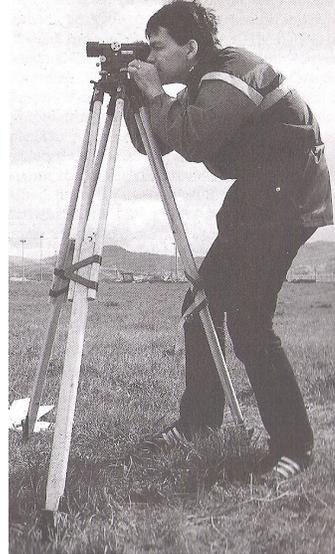
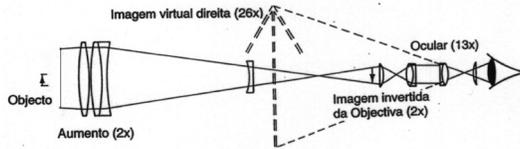


Um cuidado especial deve ser reservado às miras, concretamente na colocação em estação: os apoios das miras (sapatas) devem estar bem fixos ao solo, de forma a que a respectiva **altitude permaneça inalterável** (dentro das centésimas de milímetro) durante as observações.

Nivelamento geométrico ou directo

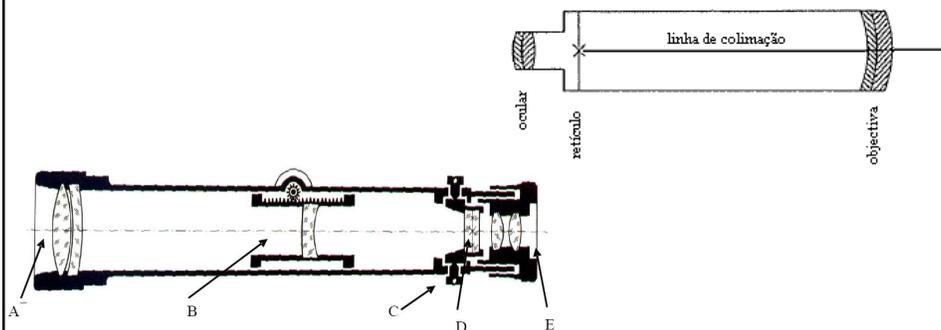


Nivelamento geométrico ou directo



Uma luneta consiste num par de lentes convergentes: a **objectiva** e a **ocular**. A lente objectiva, de maior distância focal, produz uma imagem reduzida e invertida do objecto afastado; a lente ocular amplia a imagem produzida pela objectiva.

Nivelamento geométrico ou directo



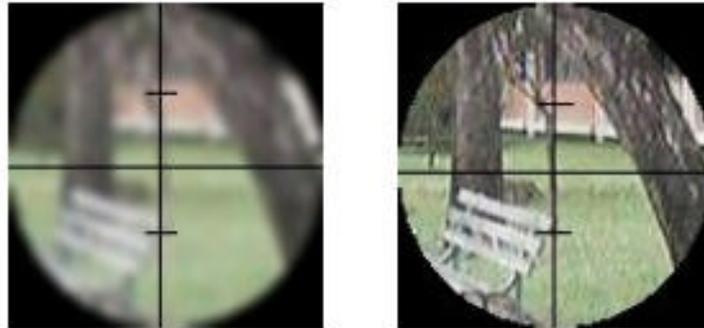
- A : Objectiva
- B : Sistema de focalização
- C : Parafusos de ajuste dos fios de retículo
- D : Reticulos
- E : Ocular

Princípio da luneta com retículo

Os **fios do retículo**, que definem a linha de pontaria, estão colocados numa placa de vidro situada entre as duas lentes; esta placa pode mover-se para a frente e para trás através de um botão de focagem, de modo a colocar o retículo no plano de focagem.

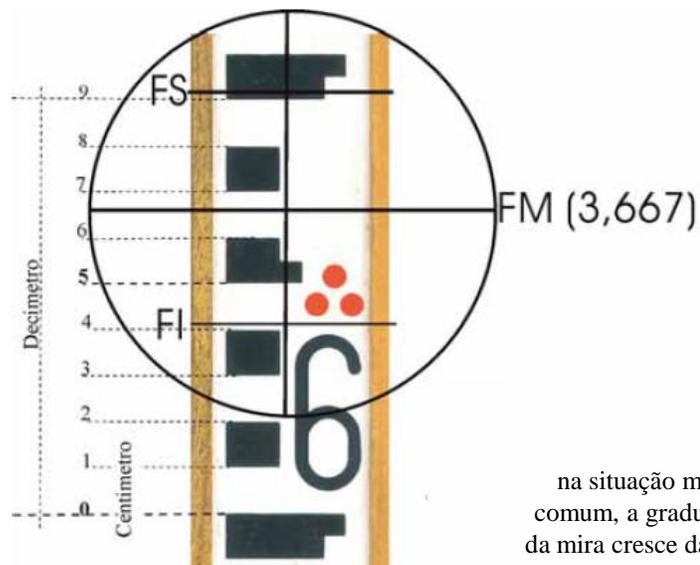
Existe paralaxe da imagem quando a imagem do objecto, dada pela objectiva, não se forma sobre o plano do retículo.

Nivelamento geométrico ou directo



A focagem (dos fios do retículo e da imagem) é fundamental pois dela resulta uma melhor ou pior pontaria: deve focar-se em primeiro lugar os fios do retículo com o anel de focagem colocado na ocular e depois a imagem do campo visual, de tal forma a que as duas imagens não apresentem movimento uma em relação à outra (paralaxe, que pode provocar um erro na pontaria).

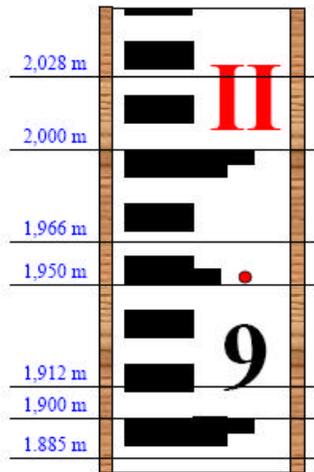
Nivelamento geométrico ou directo



na situação mais comum, a graduação da mira cresce da base (solo) para o topo

Nivelamento geométrico ou directo

•	1 metro
••	2
•••	3

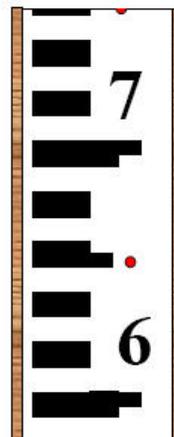
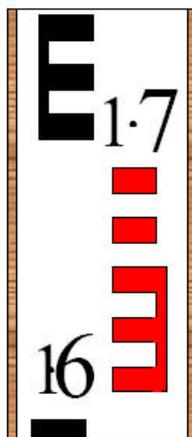


Mira e leituras

Nivelamento geométrico ou directo

Indicar nas miras abaixo, as seguintes leituras:

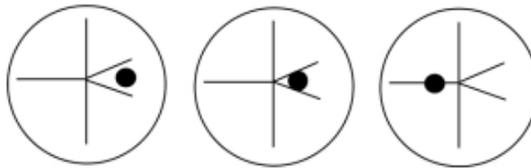
1,615m 1,705m 1,658m 1,600m 1,725m



Nivelamento geométrico ou directo

Erro de pontaria:

1. Pontaria ordinária (utilizando um traço): $100/G$ (se $G=20x$, o erro de pontaria é igual a 5 dmgon, o que corresponde a 0.3mm a 35 m)
2. Pontaria por enquadramento ou bissecção: 50 dmgon/G, isto é, 0.15 mm a 35 m



Nivelamento geométrico ou directo

Numa mira com graduação centimétrica a incerteza angular da leitura é igual a $4/G$ cgon; sendo $G=24x$ a ampliação da luneta e se se pretender uma incerteza linear de **1mm** na leitura, a distância máxima nível-mira é:

$$D_{\max} = \frac{0.001 \text{ m}}{\frac{4}{24} \times 10^{-2} \frac{\pi}{200}} = 38 \text{ m}$$

Numa leitura numa mira de invar a incerteza angular varia de $1/G$ a $2/G$ cgon, o que, para $G=40x$ e para uma precisão linear de **0.1 mm**:

$$D_{\max} = \frac{0.0001 \text{ m}}{\frac{2}{24} \times 10^{-2} \frac{\pi}{200}} = 46 \text{ m}$$

Nivelamento geométrico ou directo

A distância entre o nível e a mira pode variar conforme o equipamento utilizado e a precisão pretendida. Observando a regra da igualdade das distâncias para as visadas atrás e à frente em cada estacionamento do aparelho, as influências sistemáticas que têm origem em erros do aparelho, assim como os efeitos da curvatura terrestre e da refração atmosférica ficam amplamente atenuados. Para este efeito, as distâncias (horizontais) podem ser medidas com uma fita métrica, dentro das tolerâncias adequadas. Mesmo com condições atmosféricas favoráveis, a distância entre o aparelho e as miras não deve ultrapassar **25 a 30 m** no caso de nivelamento de precisão e **60 m** no nivelamento ordinário.

Nivelamento geométrico ou directo

Resumo:

1. Erros grosseiros:

- a) Esquecimento de calar a nivela, compensador bloqueado
- b) Confusão na leitura entre o traço nivelador e o traço estadimétrico ou confusão na unidade da graduação
- c) Má transcrição do valor lido para a caderneta

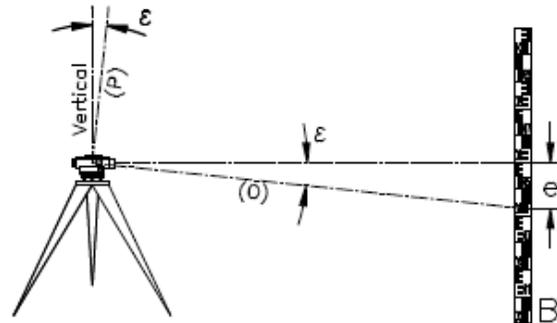
2. Erros sistemáticos:

- a) Erro de calibração da mira
- b) Falta de verticalidade da mira, nivela esférica desregulada
- c) Erro de falta de perpendicularidade entre o eixo principal e o eixo óptico (erro de inclinação do eixo óptico ou erro de colimação)
- d) Erro de funcionamento do compensador

3. Erros aleatórios ou acidentais:

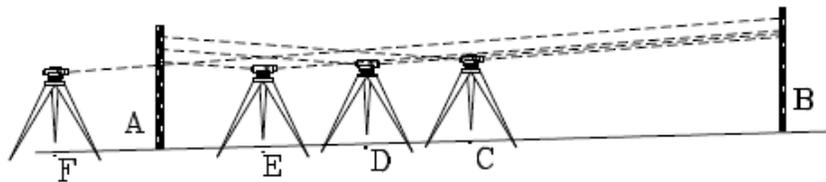
- a) Erro de paralaxe devido a má focagem da luneta
- b) Erro de má leitura na mira na estimação do mm
- c) Escolha de um ponto pouco estável para colocação da mira
- d) Trepidação do ar em visadas próximas do solo
- e) Erro de pontaria

Nivelamento geométrico ou directo



Devido a diversos erros instrumentais, o eixo óptico do nível não é geralmente paralelo à directriz do nível – **erro de colimação** -, constante ao longo de uma mesma operação. Este erro pode ser reduzido através de uma regulação apropriada (actuando sobre os fios do retículo) mas não pode totalmente eliminado. É por isso indispensável adoptar uma metodologia de observação que permita anular este erro.

Nivelamento geométrico ou directo



Leituras efectuadas nas miras em A e B em cada estação C, D, E e F

estação	A (dm)	B (dm)
C	11,32	13,15
D	10,16	12,03
E	10,87	12,78
F	12,02	13,99

Influência do **erro de colimação** nas leituras efectuadas nas miras em A e B em cada estação C, D, E e F

estação	desnível ΔH_{AB} (dm)	diferença de distância às miras ΔD (m)
C	$11,32 - 13,15 = -1,83$	0
D	$10,16 - 12,03 = -1,87$	-20
E	$10,87 - 12,77 = -1,90$	-40
F	$12,02 - 13,99 = -1,97$	-60

Nivelamento geométrico ou directo

As condições de construção de um nível são:

- 1) Perpendicularidade entre o fio nivelador do retículo e o eixo principal
- 2) Paralelismo entre a directriz da nivela e o eixo óptico da luneta

A primeira destas condições garante comodidade e precisão nas leituras sobre a mira; a segunda condição, mais importante, permite obter linhas de visada horizontais.

Nivelamento geométrico ou directo

Relativamente ao erro de horizontalização do nível (erro de colimação), deve-se considerar a precisão da bolha principal do nível e o comprimento da visada. Para uma visada de 30m, a precisão de 0,25'' resulta num erro vertical máximo de 0,036 mm.

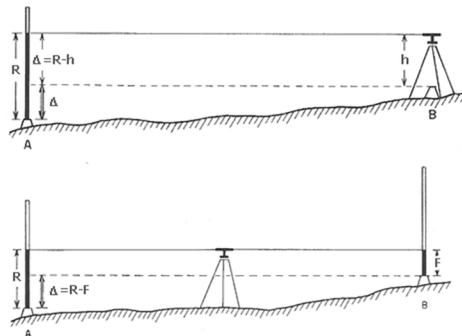
Nivelamento geométrico ou directo



Um trabalho de nivelamento que pode ser realizado recorrendo à utilização de um único estacionamento do nível (no caso de os pontos A e B serem suficientemente próximos) designa-se por **nivelamento geométrico simples**.

Nivelamento geométrico ou directo

Desnível: medição directa, resultante da diferença de “nível” observado nas miras colocadas verticalmente nos dois pontos A e B, pela intersecção do plano horizontal de visada (plano de colimação perpendicular à vertical do lugar e tangente ao cruzamento dos fios do retículo).



Nivelamento geométrico ou directo

As leituras R (ou I_A) e F (ou I_B) correspondem às alturas compreendidas entre os pontos A e B e a linha de visada horizontal, respectivamente. Obtém-se o desnível ou diferença de nível entre os pontos A e B efectuando a diferença entre as leituras:

$$\Delta_{AB} = R - F = I_A - I_B$$

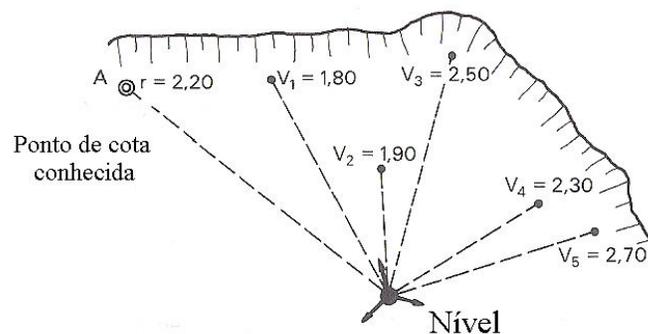
A linha de visada pode ser considerada como paralela à superfície de referência, tendo-se:

$$\text{cota}_A + I_A = \text{cota}_B + I_B$$

de onde se conclui que:

$$\text{cota}_B = \text{cota}_A + I_A - I_B = \text{cota}_A + \Delta_{AB}$$

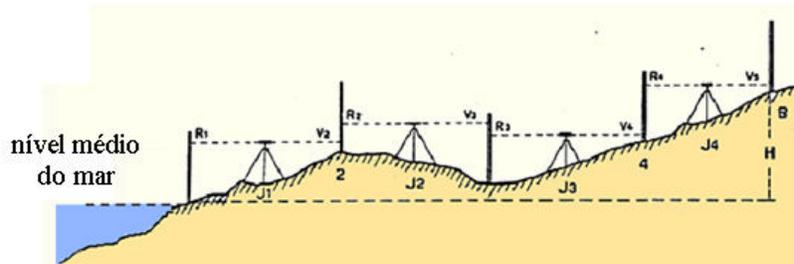
Nivelamento geométrico ou directo



Vários pontos visados a partir de uma única estação

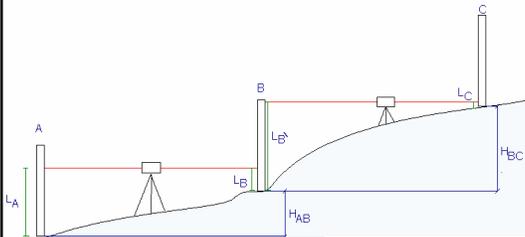
Nivelamento geométrico ou directo

Normalmente tem interesse atribuir cota a pontos afastados da marca de nivelamento com cota conhecida, sendo necessário percorrer uma linha de nivelamento, ocupando diversas estações: **nivelamento geométrico composto.**



Nivelamento geométrico ou directo

Linha de nivelamento



$$\Delta_{AB} = L_A - L_B$$

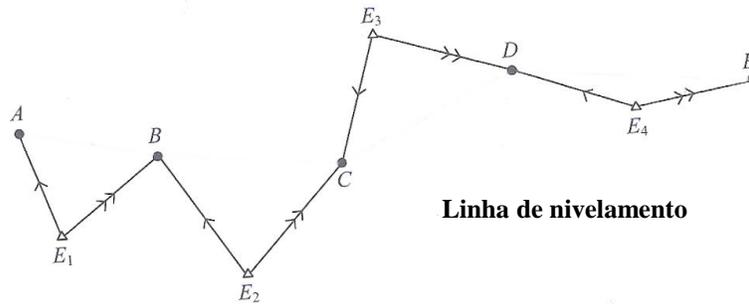
$$\Delta_{BC} = L_B - L_C$$

...

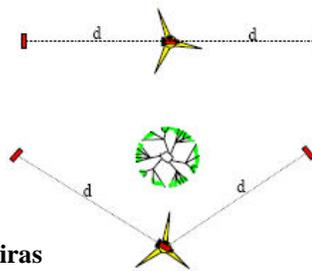
$$cota_Z = cota_A + \Sigma \text{desníveis}$$



Nivelamento geométrico ou directo



Linha de nivelamento



O nível não tem que ficar no enfiamento das miras

Nivelamento geométrico ou directo

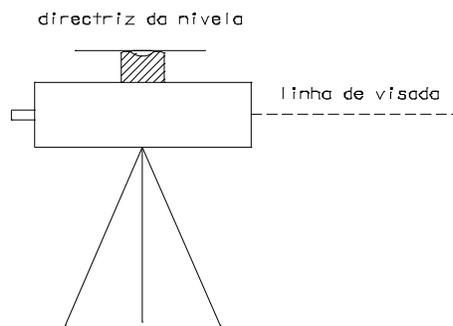
Durante a observação de uma linha de nivelamento, é suficiente a utilização de uma mira, embora a utilização de duas miras agilize o processo.

O instrumento e a(s) mira(s) nunca se movem em simultâneo.



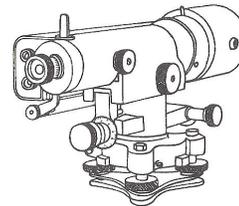
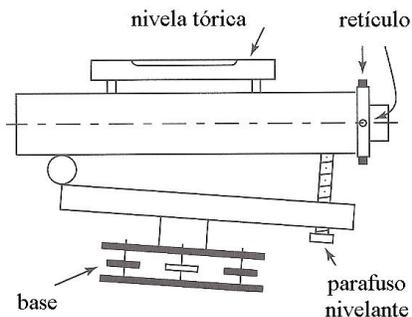
Nivelamento geométrico ou directo

Os níveis podem classificar-se em **níveis de nivela solidária** e em **níveis automáticos**. Estando um nível construído segundo a respectiva idealização teórica, quando a nivela está calada a linha de pontaria está horizontal (e o fio nivelador igualmente horizontal). O conjunto luneta-nivela pode rodar em torno do eixo principal. O nível monta-se sobre um tripé e na sua



base existem três parafusos nivelantes que permitem verticalizar o eixo principal. O nível dispõe dum parafuso que permite bascular ligeiramente o bloco luneta-nivela e calar rigorosamente a nivela.

Nivelamento geométrico ou directo



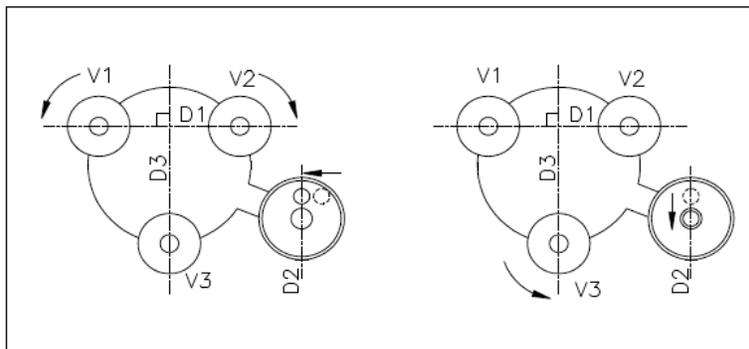
Wild N3: nível de nivela solidária

Nivelamento geométrico ou directo



Wild N3: modelo actual

Nivelamento geométrico ou directo



Calagem da nivela **esférica** através dos parafusos nivelantes
(definição de um plano horizontal)

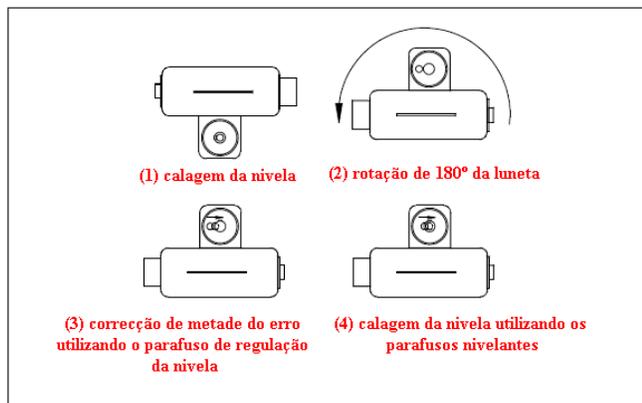
Nivelamento geométrico ou directo

A calagem da nivela esférica não é muito precisa pois esta tem uma sensibilidade fraca; por exemplo, no caso do nível Leica NA20, a sensibilidade da nivela esférica é igual a $8\frac{1}{2}$ mm, a que corresponde um deslocamento angular de 15 cgon para um deslocamento linear de 2 mm. Um erro de calagem da bolha igual a 0.2 mm traduz-se portanto num erro angular igual a:

$$15 \text{ cgon} \leftrightarrow 2 \text{ mm} \quad \text{ou} \quad \alpha = \frac{0.2 \times 15}{2} = 1.5 \text{ cgon}$$
$$\alpha \leftrightarrow 0.2 \text{ mm}$$

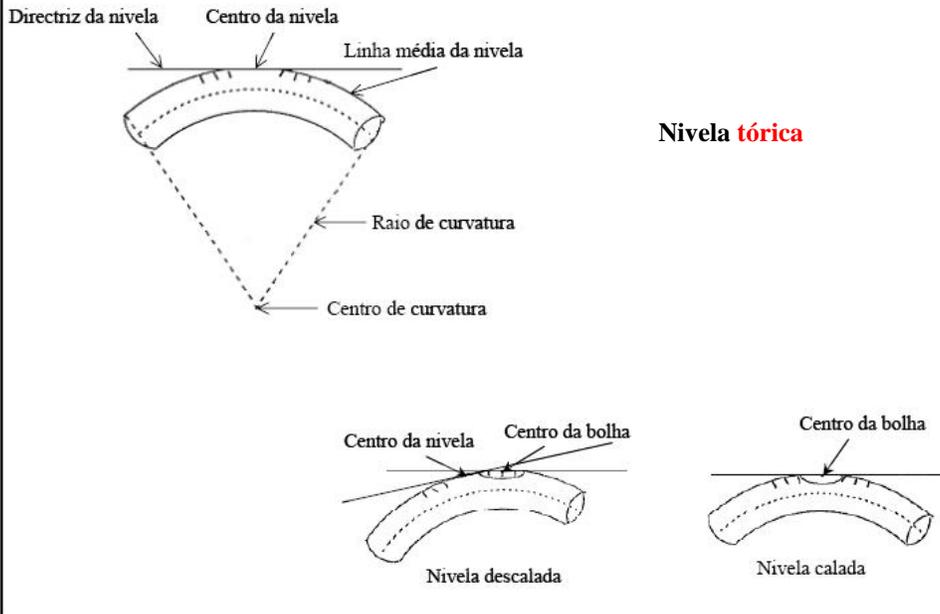
Para uma visada numa mira colocada a 35 m, um erro de calagem desta magnitude dá origem a um erro de leitura $e = 35 \tan \alpha \approx 8 \text{ mm}$. Se a mira for graduada em mm, um erro de leitura com esta incerteza não é aceitável.

Nivelamento geométrico ou directo

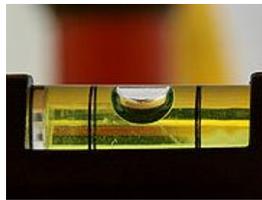


Rectificação da nivela esférica

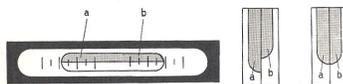
Nivelamento geométrico ou directo



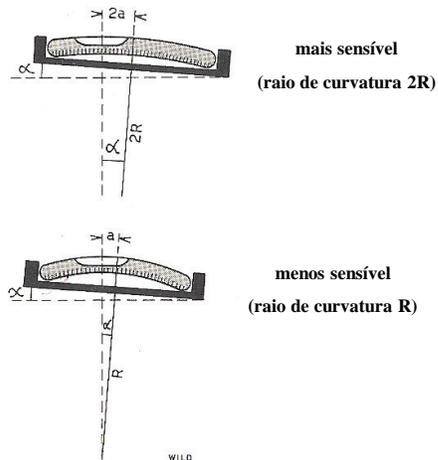
Nivelamento geométrico ou directo



Nivela tórica para definir uma direcção horizontal



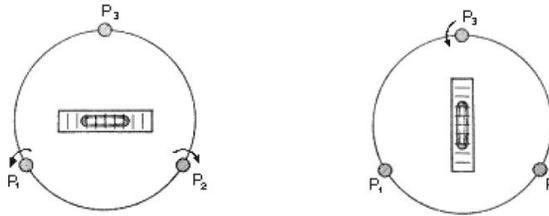
Calagem da bolha por coincidência das imagens das duas extremidades



A mesma inclinação α provoca um deslocamento a na nivela menos sensível e um deslocamento $2a$ na nivela mais sensível

Nivelamento geométrico ou directo

- 1) Colocar a nivela de modo que a directriz desta fique aproximadamente paralela ao plano vertical que passa por dois dos parafusos nivelantes;
- 2) Rodar esses dois parafusos em sentidos contrários até calar a nivela;
- 3) Rodar a nivela de 100 grados em torno do eixo principal;
- 4) Voltar a calar a nivela rodando agora apenas o terceiro parafuso nivelante.



Representação esquemática dos parafusos nivelantes de um teodolito e da nivela tórica, durante o procedimento de verticalização do eixo principal.

Calagem da nivela **tórica através dos parafusos nivelantes
(definição de uma direcção horizontal)**

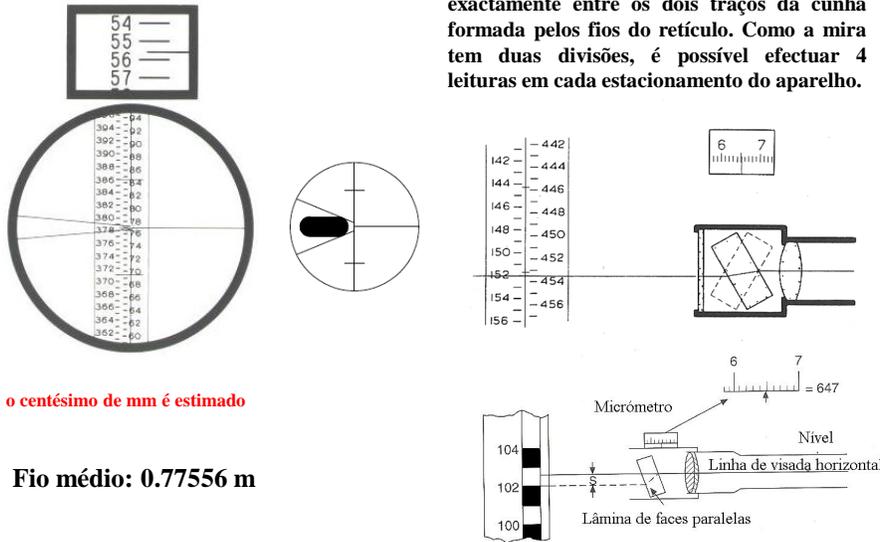
Nivelamento geométrico ou directo

A calagem da nivela esférica permite aproximar o eixo principal da vertical, permitindo que o compensador funcione correctamente.

Nos níveis não automáticos, que recorrem a uma nivela tórica para uma horizontalização precisa da linha de visada, a respectiva calagem tem que ser efectuada para cada pontaria.

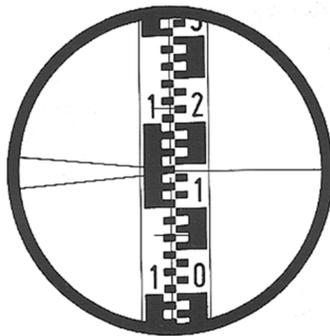
Nivelamento geométrico ou directo

Para efectuar a leitura na mira de invar, coloca-se um dos traços centimétricos exactamente entre os dois traços da cunha formada pelos fios do retículo. Como a mira tem duas divisões, é possível efectuar 4 leituras em cada estacionamento do aparelho.



Nivelamento geométrico ou directo

NA2, NA2+GPM3=NAK2



o mm é estimado

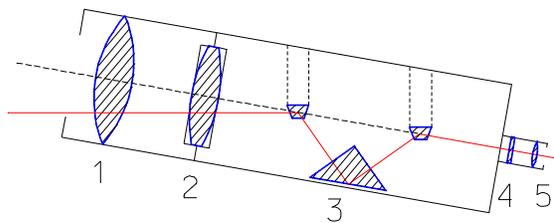
fio superior: 1.216 m
 fio médio: 1.143 m
 fio inferior: 1.068 m

Para o nivelamento de precisão aplica-se ao NA2 a lâmina de faces paralelas GPM3, sendo o conjunto designado por NAK2. Rodando o botão do micrómetro, a lâmina de faces paralelas bascula sobre o eixo horizontal, dando origem a um deslocamento paralelo da linha de pontaria, para cima ou para baixo, movimento cuja amplitude máxima é igual a 1 cm, correspondendo a um intervalo da menor divisão da mira. Acertando o traço médio do retículo com uma graduação certa da mira, regista-se o valor do metro, decímetro e centímetro lidos na mira e no micrómetro regista-se o milímetro, décimo de milímetro e centésimo de milímetro, este último por estimação. **A leitura 50 no micrómetro corresponde à posição vertical da lâmina de faces paralelas, na qual a linha de pontaria não sofre qualquer deslocamento.** A leitura na mira é assim sempre 5 mm superior ao horizonte verdadeiro do instrumento, o que não tem qualquer importância já que estes 5 mm estão incluídos nas leituras atrás e à frente, sendo eliminados na diferença destas leituras.

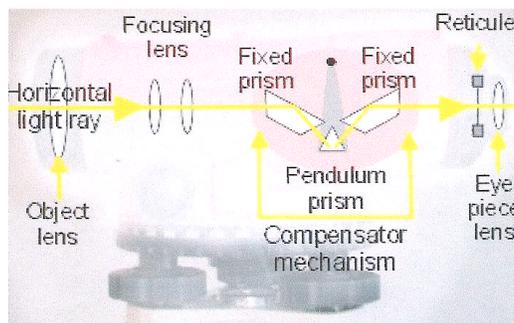
Nivelamento geométrico ou directo

Os níveis de horizontalização automática não têm qualquer nivela associada à luneta nem parafuso de inclinação: um dispositivo óptico pesado (compensador), intercalado no campo óptico da luneta permite, pela acção do campo gravítico e após a verticalização aproximada do eixo principal, compensar qualquer inclinação do eixo óptico da luneta, dando origem à horizontalização do eixo óptico.

1. Lente
2. Objectiva
3. Compensador
4. Retículo
5. Ocular



Nivelamento geométrico ou directo



Um nível automático possui um mecanismo compensador que utiliza uma combinação de prismas fixos ou espelhos e um prisma suspenso, que pode oscilar, de forma a definir uma referência horizontal quando o sistema fica em equilíbrio. Quando correctamente colocado em estação, o compensador garante a horizontalidade da linha de pontaria com grande precisão (no caso do Leica NA20, da ordem de $\pm 0.3''$, induzindo um erro de leitura a 35 m igual a ± 0.05 mm).

Nivelamento geométrico ou directo

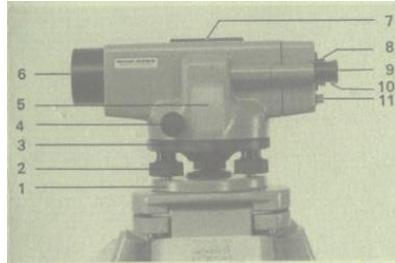
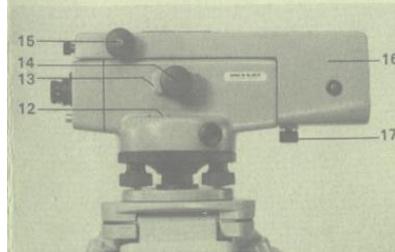


Fig. 1 Nivel universal automático Wild NAK2, con círculo

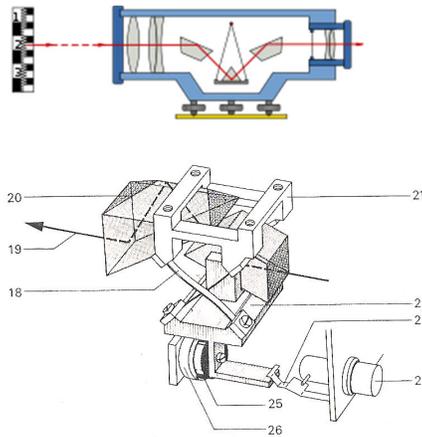
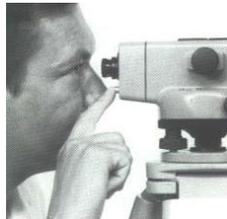


Wild NAK2: nível automático

1. Base
2. Parafuso nivelante
3. Anel estriado do círculo horizontal
4. Parafuso sem fim de pequenos movimentos horizontais
5. Janela de iluminação do círculo horizontal
6. Objectiva
7. Dispositivo de pontaria
8. Focagem do retículo
9. Ocular
10. Ocular do microscópio para leituras horizontais
11. Botão do compensador
12. Nivela esférica
13. Prisma para observação da nivela esférica
14. Parafuso de focagem da imagem
15. Parafuso do micrómetro da lâmina de faces paralelas
16. Lâmina de faces paralelas
17. Parafuso de fixação da lâmina de faces paralelas

Nivelamento geométrico ou directo

- 18: eixos da suspensão
- 19: linha de pontaria
- 20: prisma superior
- 21: suporte
- 22: pendulo com prisma
- 23: mola
- 24: botão para accionar a mola
- 25: amortecedor da oscilação
- 26: tubo de amortização



É suficiente uma centragem aproximada da nivela esférica para que o compensador coloque a linha de pontaria horizontal, através da utilização do botão que acciona a mola que provoca a oscilação amortecida do prisma associado ao pendulo. Esta operação deve ser efectuada **para cada visada.**

Nivelamento geométrico ou directo

	N05/NK05	N1/NK1	NA20	NA24	NA28	NA2/NAK2	NK2	N3
MODELO								
Precisão por Km de nivelamento	± 2,5	± 1,5 ± 1	± 0,7* ± 0,3	± 10	± 5	± 2,5	± 2	± 0,2
Aumento da luneta (x)	20	24	32, 40	19	19	23	30	11... 47**
Automático	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Campo a 100 m (m)	3,6	3,2	2,4	4,0	4,0	3,6	2,8	1,8**
Constante estadimétrica	100	100	100	100	100	100	100	100**
Constante de adição (cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
Distância mínima de focagem (m)	0,9	1,0	1,6	0,8	0,8	0,7	1,6	0,45
Sensibilidade do nível por 2 mm	—	—	—	60"	60"	60"	30"	10"
Precisão de calagem	± 0,8"	± 0,5"	± 0,3"	± 10"	± 10"	± 1,5"	± 0,8"	± 0,2"
Divisão do círculo	400 ^º ou 360 ^º							
Peso do instrumento (kg)	1,8	2,1 2,2	2,4 2,9	1,7 1,8	1,8 1,8	1,7 1,8	2,2 2,8	5,1
Peso do estojo (kg)	1,5	1,5	1,8	1,7	1,7	1,6	1,3	3,7
Prospecto detalhado	G1-	142	143	108	153	150	154	131

➔ (mm)

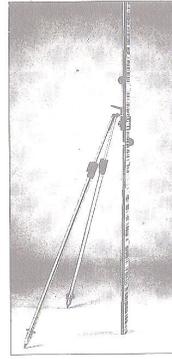
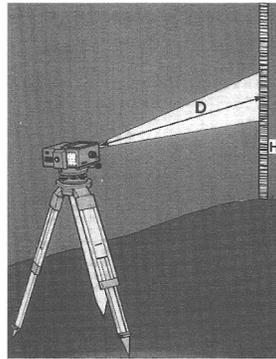
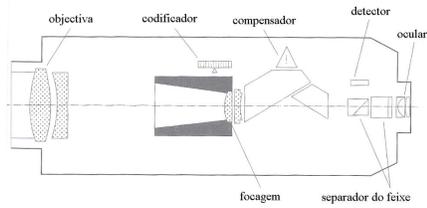
* Conforme mira e processo usado ** Variável conforme distância de focagem.

Nivelamento geométrico ou directo

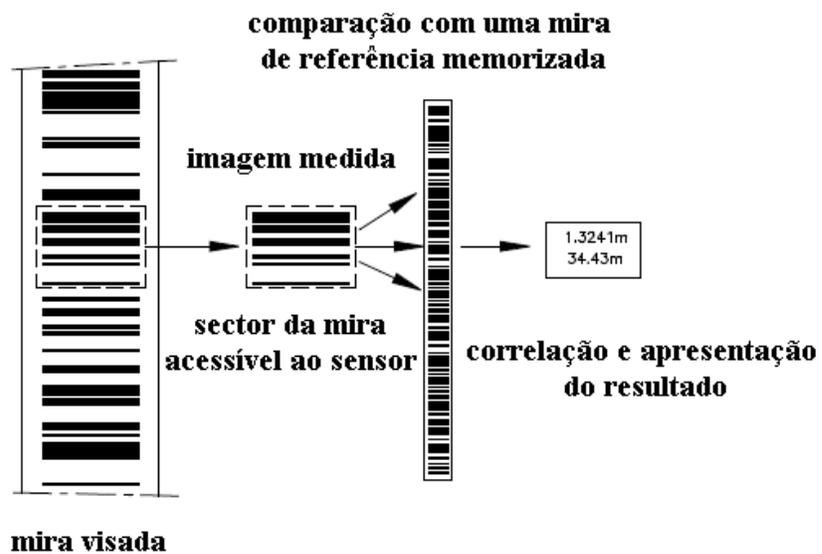
O nível digital Zeiss Dini tem os mesmos componentes ópticos e mecânicos que um nível automático. No entanto, para efeitos de leitura electrónica da mira graduada através de código de barras, incorpora um separador da luz reflectida na mira e que incide na luneta, transferindo a imagem para uma matriz de díodos detectores. A abertura angular do aparelho é igual a 2°, o que a 1.8 m de distância permite visualizar 70 mm da mira e a 100 m de distância permite visualizar 3.5 m da mira; a distância aparelho-mira é assim determinada em função da porção da mira que se pode visualizar a partir do ponto estação. A leitura na mira é obtida através de um processo de correlação da imagem da mira com imagens de códigos de barras.



Nivelamento geométrico ou directo



Nivelamento geométrico ou directo



Nivelamento geométrico ou directo

Zeiss Dini 22: teclado

Ligar/desligar o aparelho: **ON/OFF**

Efectuar medição (leitura da mira – R, distância horizontal – HD): **MEAS**

Medir distância: **DIST**

Acesso ao menu: **MENU**

Informação do aparelho (bateria): **INFO**

Alterar o display: **DISP**

Introduzir número do ponto: **PNr**

Introduzir código do ponto + informação adicional: **REM**

Editar os dados da memória: **EDIT**

Efectuar medições múltiplas: **RPT**

Comutar entre leituras directa e inversa: **INV**

Introduzir manualmente leitura: **INP**

Nivelamento geométrico ou directo

Zeiss Dini 22: Menu (7)

- 1) **Input:** Max. dist.=100, Min. sight=0.2, Max. diff.=0.01, Refr. coeff.=0.130, Vt. offset=0.0
- 2) **Adjustment:** Método: Forstner, Nabauer, Kukkamaki, Japanese, Curv.: on/off, Refr: on/off
- 3) **Data Transfer:** Interface1, Interface2, PC-demo, Update/service
- 4) Set Rec. Param.
- 5) Set Instr. Param.

Nivelamento geométrico ou directo

Observação de um ponto único (nivelamento simples):

- 1) Iniciar: **IntM**
- 2) Introduzir valor da cota da marca de referência;
- 3) Efectuar leitura atrás
- 4) Efectuar leitura à frente
- 5) Medir para mais pontos, ou **ESC** para sair,

Transferência de dados:

- 1) Executar o programa **RECPCE**
- 2) Data transfer: **Interface2**,
- 3) **Set parameters:** Protocol: **Rec 500**; Baud rate: **19200**; Parity: **Even**; Stop bits: **2**;
- 3) Ler dados a partir do Rec (definir ficheiro); executar transferência a partir do aparelho.

Nivelamento geométrico ou directo

Observação de uma linha de nivelamento (nivelamento composto):

- 1) Para se efectuar o registo interno das observações, Record=Mem:
Menu
Set Rec Param. (4)
Recording of Data (1)
Record + Mod: alterna de Off → **Mem** → V.24
- 2) Activar memória em Menu (5), Ajust. Interface
- 3) Iniciar uma linha (**LINE**)
- 4) Introduzir o nome da linha
- 5) Definir a sequência de leitura (**BF**- atrás/frente)
- 6) Introduzir a cota da marca inicial
- 7) Iniciar observações na sequência atrás/frente (back/fore)
- 8) Finalizar a linha de nivelamento (**LEnd**)
- 9) Introduzir a cota da marca final
- 10) Finalizar (**ESC**)

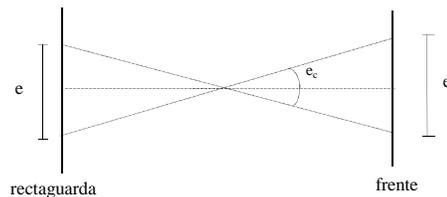
Nivelamento geométrico ou directo

Technical Data

Technical Data	DiNi® 12	DiNi® 22
Accuracy as per DIN 18723		
Standard deviation on 1 km of double levelling		
Electronic measurement:		
- invar precision bar code staff	0.3 mm	0.7 mm
- foldable bar code staff	1.0 mm	1.3 mm
Visual measurement:		
- foldable staff, metric scale	1.5 mm	2.0 mm
Measuring range		
Electronic measurement:		
- invar precision bar code staff	1.5 - 100 m	1.5 - 100 m
- foldable bar code staff	1.5 - 100 m	1.5 - 100 m
Visual measurement:		
- foldable staff, metric scale	from 1.3 m	from 1.3 m
Accuracy of distance measurement		
Electronic measurement with a 20 m sighting distance:		
- invar precision bar code staff	20 mm	25 mm
- foldable bar code staff	25 mm	30 mm
Visual measurement:		
- foldable staff, metric scale	0.2 m	0.3 m
Least display unit		
Height measurement	0.01 mm/0.0001 ft 0.0001 m	0.1 mm/0.001 ft 0.001 m
Distance measurement	1 mm	10 mm
Measuring time		
Electronic measurement	3 s	2 s
Telescope		
Magnification	32 x	26 x
Aperture	40 mm	40 mm
Field of view at 100 m	2.2 m	2.2 m
Electronic measurement field at 100 m	0.3 m	0.3 m
Compensator		
Inclination range	± 15°	± 15°
Setting accuracy	± 0.2"	± 0.5"
Levelling		
Circular level	8/2 mm	8/2 mm

Nivelamento geométrico ou directo

Considerem-se apenas os erros de leitura (e_l) e calagem (e_c)



Para o erro de calagem $e_{ret} = e_c \frac{D}{2}$ $e_{frit} = e_c \frac{D}{2}$

e, analogamente, para o erro de leitura $e_{ret} = e_l \frac{D}{2}$ $e_{frit} = e_l \frac{D}{2}$

Nivelamento geométrico ou directo

Supondo que os erros são independentes para as duas pontarias, tem-se em termos de variância do desnível:

$$\sigma_{\Delta}^2 = \frac{(\sigma_i^2 + \sigma_c^2)}{2} D^2 \Leftrightarrow \sigma_{\Delta}^2 = KD^2$$

onde

$$K = \frac{(\sigma_i^2 + \sigma_c^2)}{2} \text{ - constante do aparelho}$$

Nivelamento geométrico ou directo

Para os aparelhos disponíveis na F.C.U.L., os valores da constante do aparelho são:

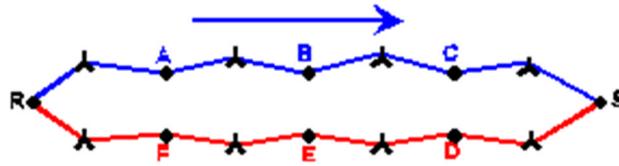
- alta precisão (N3) ----- $\sqrt{K} = 0''.5/206265''$
- média-alta precisão (NA2 c/ micro.) ----- $\sqrt{K} = 1''/206265''$
- média precisão (NA2 s/ micro., Zeiss Dini 22) -- $\sqrt{K} = 4.5''/206265''$

Outro critério de Tolerância (norma utilizada)

- alta precisão $\varepsilon_H (\text{mm}) \leq 4\sqrt{L(\text{Km})}$
- média precisão $\varepsilon_H (\text{mm}) \leq 8.3\sqrt{L(\text{Km})}$ com $L = \Sigma D_j$

Nivelamento geométrico ou directo

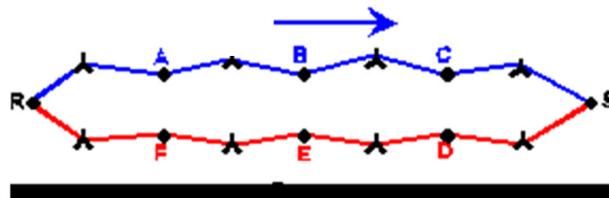
No caso de uma linha de nivelamento não ser fechada, deve efectuar-se um percurso de nivelamento num sentido e um percurso de contranivelamento no sentido contrário, como controlo, sendo o valor do desnível entre os pontos extremos independente do percurso efectuado: **R-A-B-C-S** e **S-D-E-F-R**. Se os 2 percursos forem efectuados em alturas diferentes, a(s) mira(s) será estacionada 10 vezes e o nível 8 vezes).



Os valores de dN_{RS} no nivelamento e no contranivelamento devem coincidir; se tal não acontecer e a diferença for aceitável, a média dos dois valores obtidos será um valor mais preciso.

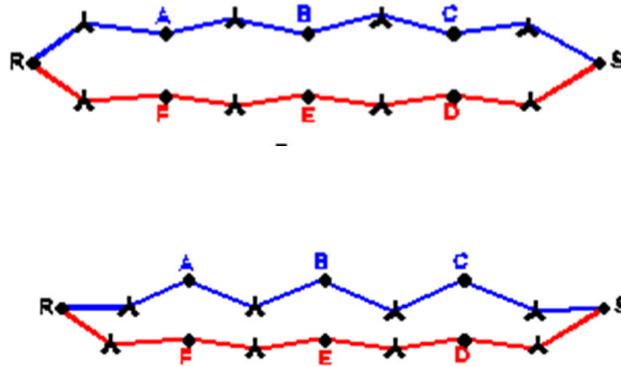
Nivelamento geométrico ou directo

Como alternativa a efectuar os dois percursos em sentidos contrários, é possível efectuar os dois percursos no mesmo sentido: **R-A-B-C-S** e **R-F-E-D-S**. Se os 2 percursos forem efectuados em alturas diferentes, a(s) mira(s) será estacionada 10 vezes e o nível 8 vezes).

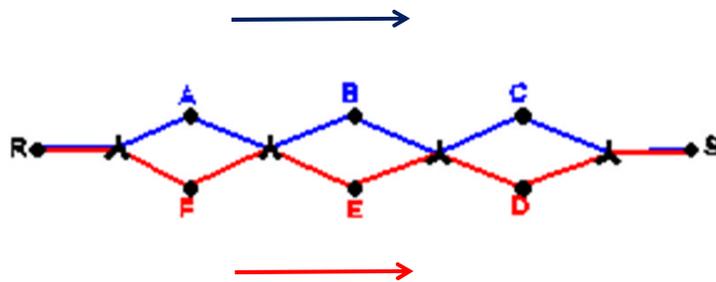


Nivelamento geométrico ou directo

Para ganhar tempo, estes percursos podem aproximar-se, podendo no limite confundir-se as estações: **R-A-B-C-S** e **R-F-E-D-S**.



Nivelamento geométrico ou directo



Este procedimento tem o nome de **nivelamento duplo**. Obtêm-se deste modo duas medidas para dN_{RS} , uma através do nivelamento considerando os pontos A, B e C e outra através do nivelamento considerando os pontos F, E e D.

Nivelamento geométrico ou directo

A diferença entre os valores absolutos de desníveis de duas linhas de nivelamento independentes obtidas num nivelamento duplo que liga os pontos A e B distanciados 1 km define o “**desvio padrão para 1 km de nivelamento duplo**” ($S_{1\text{km nivelamento duplo}}$), parâmetro usualmente utilizado para caracterizar a precisão de um nível.

MODELO		NA 0 NAK 0	NA 1 NAK 1	NA 2 NAK 2	N 01 NK 01	N 05 NK 05	N1 NK 1	N2 NK 2	N 3
Precisão por Km de nivelamento		± 2,5	± 1,5 ± 1	± 0,7* ± 0,3	± 10	± 5	± 2,5	± 2	± 0,2
Aumento da luneta	(x)	20	24	32, 40	19	19	23	30	11... 47**
Automático		Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Campo a 100 m	(m)	3,6	3,2	2,4	4,0	4,0	3,6	2,8	1,8**
Constante estadimétrica		100	100	100	100	100	100	100	100**
Constante de adição	(cm)	0	0	0	0	0	0	0	0
Distância mínima de focagem	(m)	0,9	1,0	1,6	0,8	0,8	0,7	1,6	0,45
Sensibilidade do nível por 2 mm		—	—	—	60"	60"	60"	30"	10"
Precisão de calagem		± 0,8"	± 0,5"	± 0,3"	± 10"	± 10"	± 1,5"	± 0,8"	± 0,2"
Divisão do círculo		400º ou 360º							
Peso do instrumento	(kg)	1,8 1,8	2,1 2,2	2,4 2,9	1,7 1,8	1,8 1,8	1,7 1,8	2,2 2,8	5,1
Peso do estojo	(kg)	1,5	1,5	1,8	1,7	1,7	1,6	1,3	3,7
Prospecto detalhado	G1-	142	143	108	153	150	154	131	158

* Conforme mira e processo usado ** Variável conforme distância de focagem.