

INSTRUÇÕES

PARA O EXERCÍCIO DOS

NIVELAMENTOS GEOMETRICOS DE PRECISÃO

ELABORADOS POR ORDEM DO

DIRECTOR GERAL DOS TRABALHOS GEODESICOS

PELO

CHEFE DA 1.^a SECÇÃO F. A. DE BRITO LIMPO

E APPROVADOS POR

S. EX.^a O MINISTRO E SECRETARIO D'ESTADO
DOS NEGOCIOS DAS OBRAS PUBLICAS, COMMERCIO E INDUSTRIA



LISBOA

IMPRESA NACIONAL

1883

INSTRUÇÕES

PARA O EXERCICIO DOS

NIVELAMENTOS GEOMETRICOS DE PRECISÃO

ELABORADOS POR ORDEM DO

DIRECTOR GERAL DOS TRABALHOS GEODESICOS

PELO

CHEFE DA 1.^a SECÇÃO F. A. DE BRITO LIMPO

E APPROVADOS POR

S. EX.^a O MINISTRO E SECRETARIO D'ESTADO
DOS NEGOCIOS DAS OBRAS PUBLICAS COMMERCIO E INDUSTRIA



MINISTRO DO COMMERCIO E INDUSTRIA
HOMOLOGADO

RC

MNCT

52

LIM

LISBOA

IMPRESA NACIONAL

1883

INSTRUÇÕES

PARA O EXERCÍCIO DOS

NIVELAMENTOS GEOMETRICOS DE PRECISÃO

I

Disposições geraes

1. — Os nivelamentos geometricos de precisão têm por fim obter rigorosamente as diferenças de nivel entre os pontos principaes do paiz, que existem sobre as vias de comunicação ou perto d'ellas. Como consequencia chegar-se-ha depois á determinação das altitudes dos ditos pontos, logo que os mesmos nivelamentos estejam ligados com o plano geral de referencia. Servirão tambem para dar a conhecer, por um methodo differente do usualmente empregado, as altitudes de alguns vertices geodesicos fundamentaes, d'onde resultarão elementos para resolver varias questões de géodesia transcendente.

2. — Na execução d'estes trabalhos de nivelamento escolher-se-hão por ordem de preferencia as seguintes vias de comunicação: estradas macadamizadas de 1.^a classe, idem districtaes e municipaes, caminhos de ferro, estradas antigas e caminhos vicinaes ordinarios. Por excepção poderão os nivelamentos seguir as encostas ou as cumiadas das serras privadas de caminhos quando haja de ligar-se com a rede hypsometrica geral algum ponto geodesico proximo. Evitar-se-hão, quanto possivel, os tuneis dos caminhos de ferro e as pontes de madeira, em que seja necessario collocar os instrumentos.

3. — Por emquanto serão determinadas no paiz tres linhas principaes de nivelamento:

Primeira de norte a sul, desde Valença do Minho até Villa Real de Santo Antonio ou Tavira, passando por Vianna do Castello, Villa do Conde, Porto, Aveiro, Mealhada, Coimbra, Pombal, Leiria, Caldas da Rainha, Cercal, Santarem, Almeirim, Coruche, Montemór, Beja, Castro Verde

e Almodovar. Esta linha terá uma bifurcação no Cercal, ou proximidades, seguindo por Otta, Alemquer, Carregado, Sacavem, Lisboa até Cascaes.

Segunda de leste a oeste, desde a fronteira em frente da Fregenêda (Hespanha) até ao Porto, passando por Pinhel, Trancoso, Moimenta da Beira, Lamego, Regua, Amarante e Penafiel. Esta linha terá uma bifurcação em Trancoso, seguindo por Celorico, Mangualde, Vizeu, Tondella, Mortagua até á Mealhada.

Terceira tambem de leste a oeste, desde a fronteira em frente de Badajoz até ao Barreiro (junto da grande bacia do Tejo) passando por Elvas, Extremoz, Montemór o Novo e Vendas Novas.

4. — Estas linhas, que partem da fronteira hespanhola, serão prolongadas respectivamente até Badajoz, Fregenêda e Tuy, depois do previo consentimento do governo da nação vizinha, para d'este modo ficarem ligados os nivelamentos geometricos de Hespanha e Portugal, sem prejuizo de outras combinações quaesquer, que forem julgadas necessarias ou convenientes pelos geometras internacionaes.

5. — O serviço dos nivelamentos geometricos, como trabalho de alta precisão, será executado pelo pessoal da 1.^a secção da direcção geral dos trabalhos geodesicos e constituirá uma ou mais brigadas.

6. — Cada brigada de nivelamentos de precisão constará de um observador (chefe de brigada), um auxiliar, um porta-mira e tres serventes.

7. — O material de cada brigada compor-se-ha de um nivel de precisão de dois oculos, uma mira de precisão comparada a um padrão conhecido, accessorios d'estes instrumentos, marcas ou referencias de bronze para serem collocadas convenientemente, utensilios para a sua collocação, tinta de oleo para assignalar referencias, abrigos e outras miudezas.

8. — Haverá tres classes de marcas ou referencias: as de 1.^a classe constarão de um cylindro de bronze fundido de 0^m,10 de comprido e 0^m,03 de diametro, terminando n'um dos extremos por uma placa quadrangular do mesmo metal de 0^m,08 de lado e 0^m,006 de espessura, na qual serão gravadas as iniciaes *NP*. Este cylindro introduz-se verticalmente em rocha ou pedra de grande solidez e estabilidade, por modo que a mesma pedra fique rasante á parte ou superficie superior e horisontal da placa. As marcas de 2.^a classe consistirão em um cylindro tambem de bronze fundido cujo corpo tenha 0^m,10 de comprido e 0^m,01 de diametro, terminando com uma placa circular de 0^m,015 de diametro e 0^m,01 de espessura. As condições da sua collocação serão as mesmas que nas marcas de 1.^a classe, porém devem ser introduzidas na pedra a martello, emquanto que as de 1.^a classe serão chumbadas. As marcas de 3.^a classe serão pintadas com tinta a oleo em rocha ou pedra horisontal que offereça estabilidade, consistindo a

marca em um quadrado de 0^m,10 de lado com duas diagonaes, tendo junto um numero de ordem. Nas marcas de 2.^a classe será traçado com a mesma tinta de oleo um circulo concentrico de 0^m,04 de raio e tambem numerado.

9. — As linhas principaes de nivelamento dividir-se-hão em secções e estas em troços. Cada secção terá o comprimento de 15 a 25 kilometros proximamente, e os troços regularão de 700 a 1:000 metros e representarão, quanto possivel, o trabalho diario.

10. — As extremidades das secções serão assinaladas por marcas de 1.^a classe, tambem com numeros de ordem, as quaes marcas devem ser collocadas, como se disse, sobre rochas ou lagedos que promettam grande estabilidade e permanencia, como por exemplo, as entradas dos templos e outros edificios publicos. Na falta d'estes edificios, e quando haja muita necessidade, poderão fazer-se construcções *ad hoc*, as quaes consistirão em uma grande pedra introduzida verticalmente n'um cabouco de argamassa e facçada em plano horisontal na parte superior. Os troços serão assinalados por marcas de 2.^a e 3.^a classe, quando lhes não competir alguma de 1.^a

11. — As marcas de 1.^a classe tambem podem servir para deixar referencias em edificios, que, posto se não prestem a ser extremos das secções de nivelamento, merecem ficar por este modo assinalados. N'este caso não serão numeradas, mas alem das iniciaes *NP* terão outra respectiva á localidade, para a qual se fará, sendo necessario, uma derivação do nivelamento.

12. — O observatorio astronomico de Lisboa na Tapada da Ajuda conterà uma referencia ou marca de 1.^a classe, que será ligada nas proximidades com outras tambem de 1.^a classe, a fim de, em qualquer tempo, se poder avaliar o grau de firmeza do solo em que o mesmo observatorio está construido.

13. — As mesmas precauções se tomarão em Villa do Conde, nas proximidades da Memoria, a qual igualmente conterà uma marca de 1.^a classe.

14. — As marcas de 2.^a classe serão collocadas principalmente nos logares que offereçam grande estabilidade, mas que não se prestem a ser limites de secção.

15. — Quando for collocada uma referencia ou marca de 1.^a classe haverá o cuidado de estabelecer nas proximidades 2 ou 3 de 2.^a classe para servirem de garantia da sua permanencia; chamar-se-hão *testemunhas*.

16. — As referencias ou marcas de 2.^a e 3.^a classe serão numeradas correlativamente e sem distincção dentro de cada intervallo das marcas principaes ou de 1.^a classe.

17. — As derivações do nivelamento de que trata o artigo 11.^o partirão sempre de uma referencia de 2.^a classe, quando não convier que partam de um dos limites das secções.

18. — Todas as marcas ou referencias serão estabelecidas antes da collocação das miras.

19. — De entre as marcas de 1.^a classe será escolhida uma, que, pela sua posição e estabilidade, possa servir vantajosamente de referencia ao nivel fundamental, para que a elle se possa recorrer em qualquer tempo, sem necessidade de novas determinações do nivel medio do mar.

II

Descripção e rectificação dos instrumentos

20. — O nosso instrumento de nivelar, a que chamamos nivel de precisão, consta de tres partes principaes: *tripé*, *peça intermedia* e *nivel com dois oculos*.

21. — O tripé é de madeira, e, reunindo a leveza á solidez, assemelha-se aos das pranchetas topographicas. O systema termina superiormente por uma grossa mesa tambem de madeira, tendo a fórma geral de um triangulo equilatero cujos vertices se afastam d'esta configuração para tomarem proximamente a de cubos, nos quaes giram e se fixam as pernas do tripé por meio de fortes eixos munidos de porcas de pressão. Ao meio d'esta mesa, e atravessando-a verticalmente de baixo para cima, existe um comprido parafuso, que, atarraxando-se na peça intermedia, sujeita esta ao tripé, ficando invariavelmente apoiada no mesmo por tres pontos.

22. — A peça intermedia é semelhante á parte azimuthal dos theodolitos portatéis, constando de um pequeno cone vertical d'onde irradiam inferiormente tres barras horisontaes, formando entre si angulos de 120 graus. Nas extremidades d'estas barras existem pela fórma ordinaria os parafusos nivelantes que se apoiam na parte superior do tripé, aonde são recebidos por tres placas metallicas que apresentam respectivamente para contacto uma pequena cavidade, uma ranhura e um plano. A parte superior da peça intermedia é um prato sem gradação, podendo comtudo ter ao centro uma bussola. Este prato munido de dois pequenos niveis para ser convenientemente horisontalisado, tem, como o do theodolito, movimentos azimuthaes; podendo fixar-se em qualquer rumo; superiormente existem n'elle tres ranhuras aonde encaixam e se firmam os parafusos de finas roscas que sustentam o nivel de dois oculos no acto das observações.

23. — O conjunto do nivel ou da 3.^a parte do instrumento, distingue-se principalmente por ter dois oculos invertidos, os quaes, por meio de braçadeiras, estão solidamente ligados a um eixo horisontal intermedio e paralelo, em torno do qual podem descrever meia circumferencia desde o zenith até ao nadir, e vice-versa. Os montantes,

que contêm as chumaceiras sobre que gira o eixo, são recurvados em sentido contrario para que os oculos possam completar, não só o giro de meia circunferencia, mas até um pouco maior se for necessario. O grande nivel de bolha de ar, que deve ser proxivamente paralelo ao eixo dos oculos, está preso por meio de dois parafusos á peça metallica que sustenta os montantes; estes parafusos facultam a rectificação mais ou menos approximada do mesmo nivel. Para maior precisão existe ligado á dita peça metallica outro nivel de bolha de ar muito mais pequeno que o antecedente, menos sensivel, e collocado por fórma que faça com este um angulo proxivamente recto. Os movimentos azimuthaes do systema são dados sómente pela *peça intermedia*, havendo uma relação constante entre o mesmo systema e os parafusos que o prendem á dita peça¹. Estes parafusos têm roscas finissimas e acham-se dispostos proxivamente da seguinte fórma: dois existem n'um plano vertical paralelo ao pequeno nivel, e a linha que do terceiro cáe perpendicularmente a este plano é paralela ao grande nivel e existe no plano vertical do mesmo, quando o systema está em posição normal.

Os dois oculos invertidos são em tudo semelhantes; têm dupla tiragem para graduar-se convenientemente a visibilidade, tanto dos objectos externos como do reticulo. Este é composto de quatro fios de aranha, sendo tres parallelos e equidistantes, e o 4.º perpendicular a estes; póde deslocar-se no plano dos mesmos fios, segundo as duas direcções, empregando para isto os parafusos annexos pela fórma ordinaria.

As semi-revoluções dos oculos em torno do eixo intermedio são executadas á mão, havendo sempre o cuidado de não tocar no systema se não por meio de dois botões ligados ao dito eixo com um aro metallico, o qual, batendo n'um dos parafusos de espera fixos aos montantes, serve tambem para limitar convenientemente o giro dos dois oculos. Não haverá assim receio de que no acto da observação recebam choque estes oculos ou se torçam as peças que os ligam entre si. Um outro parafuso faz parar o movimento rotatorio do eixo intermedio.

24. — Para se alcançar com facilidade toda a precisão que um tal instrumento faculty, é necessario ter em vista os seguintes preceitos:

1.º *Verificar nos dois oculos, se o reticulo está collocado por fórma que os raios visuaes determinados pelo encruzamento dos fios centraes sejam proxivamente parallelos ao eixo intermedio.* Para obter esta verificação

¹ No instituto industrial de Lisboa têm sido construidos alguns niveis do presente systema, sem a peça intermedia. Esta falta suppriu-se fazendo apoiar o conjunto do nivel immediatamente sobre as placas do tripé por meio dos tres parafusos nivelantes, e facultando-lhe um movimento azimuthal proprio, como é de uso nos instrumentos d'este genero. Comtudo a peça intermedia tem a vantagem de dar aos niveis superiores uma posição constante e commoda a respeito dos parafusos nivelantes do systema principal, o que facilita as operações.

dirige-se a pontaria a um objecto muito distincto e distante, depois gira-se com o oculo a meia revolução já mencionada; se o encruzamento dos fios tiver com este movimento pequeno desvio a respeito do objecto apontado, está bem o reticulo; se houver deslocamento consideravel, então por meio dos parafusos respectivos, faremos mover a peça que prende os fios até que esse desvio se torne pequeno ou se annulle. Este processo é commum a um e outro oculo. *A grande distancia do objecto apontado é essencial.*

2.º *Verificar se as bolhas dos niveis se conservam proximamente caladas quando fizermos tomar ao systema direcções differentes em sentido azimuthal.* No caso de haver, depois de invertida a posição dos niveis, deslocamentos da bolha de ar muito pronunciados, que não estejam em harmonia com a sua sensibilidade, corrigir-se-hão os deslocamentos que aquella accusar na graduação, desfazendo metade com os parafusos annexos e a outra metade com os parafusos nivelantes immediatamente inferiores. É necessario rectificar um nivel primeiro, depois o outro.

25. — O grande nivel do instrumento tem a necessaria sensibilidade, sem comtudo ser tal, que ponha quasi em continuo movimento a bolha de ar. O deslocamento d'esta, respectivo a uma divisão do tubo, equivale proximamente 5 segundos. A amplificação dos oculos é a mais conveniente para a boa leitura das miras nas distancias em que ellas devem funcionar.

26. — As miras, construidas nas officinas de Mr. Kern, de Araau (Suissa), e comparadas com o padrão de Berne, são bem conhecidas, não havendo por isso necessidade de entrar-se em minuciosas descrições. Na parte inferior estão munidas de armadura metallica com ponteiro ou espigão que entra em uma cavidade aberta em peça de ferro, amovivel, a qual, por meio de pontas ou dentes, se fixa ao terreno para sobre ella se appoiar a mira. A verticalidade d'esta é garantida por um nivel espherico, cuja rectificação se consegue facilmente empregando os parafusos annexos e um fio de prumo.

III

Pratica do nivelamento

27. — O chefe da brigada, antes de principiar os trabalhos de uma secção de nivelamento, determinará os seus extremos fazendo collocar ali as respectivas marcas de 1.ª classe e levantando um ligeiro *croquis* das suas immediações e das *testemunhas* (§ 15).

28. — Por essa occasião procederá ao reconhecimento da directriz

que deve seguir o nivelamento da secção, fazendo collocar tambem as marcas de 2.^a classe e escolhendo os logares provaveis das de 3.^a

29. — Findos estes preliminares dará começo ao nivelamento a partir de uma das extremidades da secção, seguindo progressivamente até á outra extremidade. Repetirá depois os mesmos trabalhos em sentido contrario, e, nos troços em que as diferenças de nivel obtidas pelos dois nivelamentos excederem os limites de tolerancia que adiante vão prescriptos, nivelará por terceira vez.

30. — Todos os dias, antes de começar o trabalho, verificará se o instrumento está proximamente rectificado, isto é, no seu estado normal. Não o estando, procederá ás necessarias rectificações, que não serão repetidas durante o mesmo dia, salvo em casos de desarranjo do machinismo por qualquer incidente. Deve ter igual cuidado com a mira, rectificando o nivel annexo por meio de fio de prumo.

31. — O trabalho diario tera por limites marcas de uma das classes. É esta a regra geral; mas se por qualquer motivo tiver de interromper-se o nivelamento antes de chegar a qualquer das referencias, será a ultima posição da mira assignalada por fôrma que não haja depois duvida alguma ácerca do seu primitivo estado. Havendo n'isto qualquer incerteza, por menor que seja, deverá recommençar-se o nivelamento a partir da primeira marca ou referencia anterior, inutilisando-se todo o trabalho já feito desde a dita marca.

32. — O trabalho diario começará pela collocação da mira, havendo o cuidado de que ella se firme verticalmente sobre a marca, sem que nenhum corpo, por mais tenue que seja, se metta de permeio. Depois segue-se a collocação do instrumento a uma distancia da mira que não seja nem menor de 8 passos regulares nem maior de 150 (proximamente).

33. — Terminada a observação da mira anterior, deixa o porta-mira esta posição a um signal dado e marcha para o instrumento contando os passos cujo numero communicará ao chefe de brigada para serem registados; depois segue para a frente até á nova posição que lhe será indicada pelo mesmo chefe. Ahi, não havendo marca ou referencia já estabelecida, collocará no solo a peça que serve de apoio a mira, firmando-a bem no terreno com o pé. Depois collocará sobre ella á mira, tendo o cuidado de que o contacto d'esta com aquella seja immediato, isto é, sem interferencia de qualquer corpo, como areia, pó, etc.

34. — Terminada a observação da mira na posição posterior, conserva-se esta firme e o observador, levantando o instrumento e entregando-o a um servente, marcha acompanhado d'este até a mira, contando os passos, que registará. Ahi voltará a dita mira para a frente com toda a cautela, e, deixando o porta-mira nas suas funcções, seguirá a collocar o instrumento em nova estação com as mesmas condições. E assim por diante.

35. — Em cada estação do instrumento será este collocado na *posição normal*, isto é, tendo as bolhas dos dois niveis sensivelmente a meio dos respectivos tubos. Dirige-se depois a pontaria á mira anterior com o oculo n.º 1 na posição superior, fazendo-se as leituras correspondentes aos fios I, II e III do reticulo; gira-se com o mesmo oculo até á posição inferior e fazem-se identicas leituras, inverte-se logo em seguida o systema azimuthalmente e praticam-se as mesmas operações, pela mesma ordem, com o oculo n.º 2. Obter-se-hão assim doze leituras da mira. Concluidas estas, passa a mira para a estação da frente e fazem-se identicas observações e leituras, seguindo a mesma ordem e methodo (modelo n.º 1).

36. — Serão feitas as leituras da mira com a approximação de millimetros, em cada pontaria, havendo a maior cautela para que se não commettam erros grosseiros (pois são estes os que mais facilmente podem illudir o observador) e para que a estimativa dos millimetros se afaste pouco da verdade.

37. — No acto de cada pontaria verificará o observador ou o auxiliar, se as bolhas dos dois niveis se acham a meio dos respectivos tubos; se o não estiverem serão a isso reduzidas por meio de dois dos parafusos nivelantes, ficando o terceiro sempre firme durante as observações da estação. Este cuidado deve ter-se sobretudo em relação ao grande nivel, pois a bolha de ar ao meio d'elle é condição essencial, visto ser a base do systema seguido *a não redução por calculo* e a completa compensação dos erros instrumentaes.

38. — Igualmente no acto de cada pontaria deve o porta-mira redobrar de esforços para que a mira se conserve vertical, sendo mandado avisar pelo observador por meio de um toque de apito a que aquelle corresponderá dando o signal de *prompto*.

39. — Se o instrumento se desnivelar, por motivo de qualquer choque, quando a mira passa da estação anterior para a posterior, voltará a dita mira á primeira posição, repetindo-se as observações respectivas. Por causa d'estes accidentes nunca se levantará a peça de apoio da mira á rectaguarda, sem que se ultime a estação do instrumento.

40. — Quando houver fortes perturbações atmosphericas deverá suspender-se o trabalho, assim como quando os raios solares forem muito quentes, apesar do abrigo que deve constantemente acompanhar o instrumento para que elle não seja tocado nem pelo sol nem pela chuva. O bom observador nunca deve sacrificar a perfeição á velocidade.

41. — O chefe da brigada deve ter o maior desvello pela perfeita conservação do instrumento e mira, tirando e mettendo por suas mãos aquelle na respectiva caixa, montando-o no tripé e fazendo com que o nivel da mira se conserve sempre sufficientemente rectificado. O mesmo chefe, alem de preencher todos os *dizeres* do modelo n.º 1, decla-

rára no reverso, que vae em branco, qualquer incidente que tenha influencia no nivelamento, bem como descreverá os signaes ou marcas, suas posições e o itinerario que for seguindo.

IV

Calculos de redução, limites dos erros
e relações finaes

42. — Fundando-se o presente systema de nivelamento na eliminação dos erros instrumentaes por meio da inversão systematica dos oculos e dos niveis, os calculos de redução dizem sómente respeito á influencia da convexidade terrestre e da refracção, e tambem ao valor absoluto do metro das miras.

43. — Se chamarmos D a distancia do instrumento á mira, ρ o raio medio da curvatura terrestre, e n o coefficiente de refracção, teremos a correcção x , para reduzir uma nivelada ao horisonte verdadeiro, expressa pelo seguinte modo

$$x = \frac{(1 - 2n)}{2\rho} D^2 = qD^2$$

quantidade subtractiva á leitura da mira.

N'este genero de trabalhos o factor q póde sempre julgar-se constante; por isso facil é formar uma pequena tábua, na qual entrando com o argumento D , se encontre immediatamente o valor de x . A approximação d'este valor deve chegar aos centimillimetros.

44. — Para obter x , que envolve as correcções de convexidade e refracção para uma certa distancia D do nivel á mira, é indispensavel conhecer, em cada caso especial, o valor d'essa distancia com approximação sufficiente. Os fios parallellos do reticulo de qualquer dos oculos dão para isto os elementos necessarios, funcionando como *stadia*. Com effeito, é sabido que as differenças das leituras da mira obtidas com os fios parallellos do reticulo, suppondo a ocular fixa, crescem proporcionalmente ás distancias. Portanto se em terreno horisontal for medida com uma fita metallica bem graduada e exacta a extensão de 100 metros e collocarmos n'essa extremidade a mira, os dois fios extremos do reticulo abrangerão em geral c centimetros, logo

$$1 \text{ centimetro corresponderá á distancia de } \frac{100}{c} \text{ metros}$$

Mas para termos esta relação mais exacta convirá fazer subir e descer a posição do instrumento, na mesma estação, algumas vezes (por exemplo 5), e obteremos assim para diferentes pontos da mira o valor

de $\frac{100}{c}$, cuja media nos dará a relação desejada. Depois collocando a mira successivamente á distancia de 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30 e 20 metros, deduziremos outros tantos valores pelo mesmo processo, pois é certo que se a mira fosse exactamente graduada e não houvessem erros de observação, seria

$$\frac{100}{c} = \frac{90}{c_1} = \frac{80}{c_2} = \frac{70}{c_3} = \text{etc.}$$

A media final dará com grande approximação o valor de *um centimetro da mira* em função da distancia, e com este valor é facil construir uma tábua, na qual, entrando com a differença das leituras feitas com os fios extremos do reticulo, se obtenha immediatamente a distancia da mira ao instrumento.

Cada observador deve construir uma taboa para seu uso particular, attendendo a que as oculares do instrumento não são analláticas, e que por isso a differença de vista influe notavelmente nos valores de c , c_1 , c_2 .

45. — O metro da mira, só n'um caso em extremo especial, será exacto:

A sua comparação com um padrão conhecido dá em geral $1^m = (1 \pm d)$: portanto é indispensavel introduzir esta pequena correcção d nos resultados do nivelamento.

46. — Diversas causas são origem de alguns pequenos erros nos nivelamentos geometricos, portanto é natural que no fecho de um polygono ou quando se repete o nivelamento para verificação, não resultem para as diversas marcas as mesmas differenças de nivel exactamente. Chama-se erro medio a semidifferença dos resultados obtidos por duas operações differentes; assim quando entre a marca A e a marca B , a differença do nivel achada é $12^m,3658$, e depois, repetindo o nivelamento, obtivermos $12^m,3622$, será $\frac{3658-3622}{2} = 18$ o erro medio do nivelamento entre as duas marcas. Designemos agora por k a distancia entre as duas marcas em kilometros, obtida pela somma das differentes niveladas, será $\frac{1^{mm},8}{\sqrt{k}}$ o erro medio kilometrico.

47. — Ponderando os embaraços que resultam de assignalar um limite mui estreito á tolerancia do erro medio nos nivelamentos geometricos de precisão, fica estabelecido o valor de $4^{mm}\sqrt{k}$ para este limite. Assim, no fecho de um polygono ou no duplo nivelamento de uma linha de k kilometros, será $4^{mm}\sqrt{k}$ o maximo erro medio tolerado.

48. — O registo dos trabalhos e as relações subsequentes são cousas que devem merecer toda a sollicitude, pois d'ahi depende o conhecimento exacto da marcha das operações e do seu grau de precisão. O modelo n.º 1 encerra todos os dados e esclarecimentos obtidos no campo. Alem d'este, deve cada observador munir-se de um *album* portatil para ahi lançar os *croquis* das marcas de 1.ª classe e terreno circumjacente (§ 27).

O modelo n.º 2 mostra as distancias da mira ao instrumento em

metros, deduzidas das leituras dos fios extremos do reticulo (§ 44); as medias finaes $l_{(m)}$ do modelo n.º 1; os valores das reduções ao horisonte (§ 43); finalmente as medias reduzidas.

O modelo n.º 3 mostra a classe e numero de ordem das marcas ou referencias; o comprimento de cada troço em kilometros; as differenças do nivel entre as marcas, depois de reduzidas ao horisonte; e as mesmas differenças correctas pela equação da mira.

O modelo n.º 4, alem da designação das marcas e do comprimento dos troços nivelados, mostra as differenças de nivel correctas e resultantes da 1.ª e 2.ª operação (nivelamento repetido); as medias finaes adoptadas; os erros medios; finalmente os erros medios kilometricos. N'este modelo vae á margem a descripção succinta das marcas.

Por ultimo organisar-se-hão as seguintes relações: 1.ª, contendo as differenças de nivel das marcas de 1.ª e 2.ª classe com as respectivas distancias, e erro medio e o erro medio kilometrico; 2.ª, contendo só as differenças de nivel das extremidades das secções com os mais dizeres da antecedente; 3.ª, contendo as differenças de nivel dos vertices geodesicos de 1.ª ordem adjacentes á linha.

49. — Quando a posição do plano de comparação for definitivamente determinada em referencia ás aguas medias do mar, formar-se-ha uma lista geral das altitudes das marcas de 1.ª e 2.ª classe, dos vertices geodesicos ligados á rede geral do nivelamento, e finalmente de algum outro ponto que, posto não pertença a estas categorias, mereça menção especial.

50. — Opportunamente ha de ser exposto o methodo para a compensação dos nivelamentos executados segundo as antecedentes instrucções, as quaes encerram os principaes preceitos a seguir, não sendo necessario entrar em minuciosidades, que o muito criterio e zêlo dos observadores dispensará por certo.

Em 30 de setembro de 1881.

MODELO N.º 1

NIVELAMENTO GEOMETRICO DE PRECISÃO

Linha : Cascaes a Cercal

Secção : 2.^a

Loçar do instrumento : 4

Dia : 17 novembro 1882

Instrumento : I

Hora : 0.^h 50.^m

Mira : IV

Mira na estação anterior

Estação da mira	Oculos	Leituras na mira														
		Fio I			Fio II			Fio III								
		m	dm	cm	m	dm	cm	m	dm	cm						
NP. 1 ^o	1	0	5	9	2	5	0	6	8	3	5	0	7	7	6	0
»	»	0	7	1	6	5	0	6	2	5	5	0	5	3	3	0
»	2	0	6	6	5	0	0	7	5	5	5	0	8	4	8	0
»	»	0	7	7	9	5	0	6	8	9	0	0	5	9	7	0
»	S	2	7	5	3	5	2	7	5	3	5	2	7	5	4	0
»	S ^{1/4}	0	6	8	8	4	0	6	8	8	4	0	6	8	8	5
		1 (m) =			0,6884											

Distancia da mira em passos : 25

Estado da atmospha : céu limpo e sereno.

Mira na estação posterior

Estação da mira	Oculos	Leituras na mira														
		Fio I			Fio II			Fio III								
		m	dm	cm	m	dm	cm	m	dm	cm						
⊙ t 2	1	0	4	1	3	0	0	3	0	9	0	0	5	0	7	5
»	»	0	4	5	6	0	0	2	6	1	0	0	6	6	2	5
»	2	0	2	6	7	5	0	4	6	2	5	0	6	6	1	0
»	»	0	5	9	0	0	0	3	9	4	5	0	1	9	5	5
»	S	1	4	2	6	5	1	4	2	7	0	1	4	2	6	5
»	S ^{1/4}	0	3	5	6	6	0	3	5	6	8	0	3	5	6	6
		1 (m) =			0,3567											

Distancia da mira em passos : 52

Estado da atmospha : céu limpo e sereno.

Operação : 1.^a

Observador : F. C. da Costa.

MODELO N.º 2

NIVELAMENTO GEOMETRICO DE PRECISÃO

Linha : Cascaes a Cercal

Secção : 2.^a

Instrumento : I

Mira : IV

Operação : 1.^a (directa)

Logar do instrumento	Mira na estação anterior					Mira na estação posterior				
	Estações da mira	Distancias do instrumento á mira	Medias finais das leituras	Redução ao horizonte	Medias reduzidas	Estações da mira	Distancias do instrumento á mira	Medias finais das leituras	Redução ao horizonte	Medias reduzidas
1	NP 2	^m 18,121	^m 0,6884	^{mm} 0,021		⊙ t 2	^m 38,604	^m 0,3567	^{mm} 0,100	
2	⊙ t 2	35,519	1,8918	0,086		Δ 1	27,788	0,3505	0,052	
3	Δ 1	23,328	2,7720	0,035		Δ 2	20,888	0,2508	0,029	
4	Δ 2	22,637	2,7672	0,035		Δ 3	20,518	0,2604	0,029	
5	Δ 3	21,579	2,6894	0,032		Δ 4	18,777	0,3256	0,024	
6	Δ 4	21,185	2,6654	0,029		Δ 6	20,790	0,1953	0,029	
7	Δ 5	20,222	2,6289	0,026		Δ 6	19,172	0,2941	0,024	
8	Δ 6	19,567	2,5676	0,026		Δ 7	20,518	0,3536	0,029	
9	Δ 7	21,068	2,1039	0,029		Δ 8	19,665	0,2343	0,026	
10	Δ 8	10,086	0,6763	0,007		□ 1	11,505	0,3426	0,010	
Somma		^m 213,312	^m 21,4509	^{mm} 0,326	^m 21,4506		^m 218,225	^m 2,9639	^{mm} 0,352	^m 2,9635

MODELO N.º 2

NIVELAMENTO GEOMETRICO DE PRECISÃO

Linha: Cascaes a Cercal

Secção 2.^aInstrumento: I Mira: IV Operação: 2.^a (inversa)

Logar do instrumento	Mira na estação anterior					Mira na estação posterior				
	Estações da mira	Distancias do instrumento à mira	Medias finais das leituras	Redução ao horizonte	Medias reduzidas	Estações da mira	Distancias do instrumento à mira	Medias finais das leituras	Redução ao horizonte	Medias reduzidas
1	□ ₁	12,808 ^m	0,3739 ^m	0,010 ^{mm}		△ ₁	33,883 ^m	2,0936 ^m	0,076 ^{mm}	
2	△ ₁	24,790	0,4450	0,041		△ ₂	20,449	2,6038	0,026	
3	△ ₂	21,589	0,2741	0,032		△ ₃	20,691	2,6895	0,029	
4	△ ₃	20,222	0,3127	0,026		△ ₄	18,220	2,5667	0,021	
5	△ ₄	19,567	0,3312	0,026		△ ₅	19,370	2,5685	0,024	
6	△ ₅	21,086	0,2104	0,029		△ ₆	22,637	2,6880	0,035	
7	△ ₆	20,321	0,2264	0,026		△ ₇	21,086	2,6668	0,029	
8	△ ₇	33,295	0,3060	0,072		△ ₈	25,854	2,6031	0,045	
9	△ ₈	19,728	1,2098	0,026		⊙ _{t₂}	22,736	1,3630	0,035	
10	⊙ _{t₂}	27,311	0,8782	0,048		NP.2	14,321	1,2101	0,013	
Somma		220,717 ^m	4,5677 ^m	0,336 ^{mm}	4,5674 ^m		219,217 ^m	23,0531 ^m	0,333 ^{mm}	23,0528 ^m

MODELO N.º 3

NIVELAMENTO GEOMETRICO DE PRECISÃO

Linha: Cascaes a Cercal

Secção 2.^aDiferença de nível das marcas. Operação: 1.^a (directa)

Mira: IV

1 metro de mira = 0,9999000

Marcas	Comprimento de cada troço em kilometros	Diferenças de nível		Esclarecimentos
		Reduzidas ao ho:izonte	Correctas pela equação da mira	
NP.2 a □ ₁	^k 0,4315	^m + 18,4871	^m + 18,4853	
□ ₁ a ⊙ ₂	0,4958	- 15,7803	- 15,7787	
⊙ ₂ a □ ₃	0,4656	- 6,6492	- 6,6485	
□ ₃ a □ ₄	0,7126	- 11,1973	- 11,1962	
□ ₄ a ⊙ ₅	0,3638	- 3,1901	- 3,1898	
⊙ ₅ a □ ₆	0,7726	- 2,0964	- 2,0962	
□ ₆ a ⊙ ₇	0,8594	- 0,2653	- 0,2653	
⊙ ₇ a □ ₈	0,5559	+ 22,0268	+ 22,0246	
□ ₈ a □ ₉	0,7650	- 5,0804	- 5,0799	
□ ₉ a ⊙ ₁₀	0,5241	- 12,9248	- 12,9235	
⊙ ₁₀ a □ ₁₁	1,0352	- 2,6738	- 2,6735	
□ ₁₁ a □ ₁₂	0,5869	- 0,7929	- 0,7928	
□ ₁₂ a □ ₁₃	0,6418	- 0,4297	- 0,4297	
□ ₁₃ a ⊙ ₁₄	0,6065	+ 1,4613	+ 1,4612	
⊙ ₁₄ a □ ₁₅	0,4984	+ 4,7869	+ 4,7864	
□ ₁₅ a NP.3	1,0105	- 4,2124	- 4,2120	

MODELO N.º 3

NIVELAMENTO GEOMETRICO DE PRECISÃO

Linha : Cascaes a Cereal

Secção 2.^aDiferença de nível das marcas. Operação: 2.^a (inversa)

Mira : IV

1 metro = 0,9999000

Marcas	Comprimento de cada troço em kilometros	Diferença de nível		Esclarecimentos
		Reduzidas ao horizonte	Correcção pela equação da mira	
NP ₂ a □ ₁	^k 0,4399	+ 18,4854	+ 18,4836	
□ ₁ a ⊙ ₂	0,4945	- 15,7829	- 15,7813	
⊙ ₂ a □ ₃	0,4846	- 6,6498	- 6,6486	
□ ₃ a □ ₄	0,8094	- 11,1986	- 11,1975	
□ ₄ a ⊙ ₅	0,3678	- 3,1898	- 3,1895	
⊙ ₅ a □ ₆	0,7995	- 2,0973	- 2,0971	
□ ₆ a ⊙ ₇	0,8576	- 0,2710	- 0,2710	
⊙ ₇ a □ ₈	0,5531	+ 22,0256	+ 22,0234	
□ ₈ a □ ₉	0,7604	- 5,0811	- 5,0806	
□ ₉ a ⊙ ₁₀	0,5254	- 12,9278	- 12,9265	
⊙ ₁₀ a □ ₁₁	1,0463	- 2,6784	- 2,6781	
□ ₁₁ a □ ₁₂	0,5866	- 0,7930	- 0,7929	
□ ₁₂ a □ ₁₄	0,6410	- 0,4286	- 0,4286	
□ ₁₃ a ⊙ ₁₄	0,6320	+ 1,4622	+ 1,4621	
⊙ ₁₄ a □ ₁₅	0,4977	+ 4,7882	+ 4,7877	
□ ₁₅ a NP ₃	0,9806	- 4,2138	- 4,2134	

MODELO N.º 4

NIVELAMENTO GEOMETRICO DE PRECISÃO

LINHA — CASCAES A CERCAL

SECÇÃO 1.ª — DE CASCAES A OEIRAS

Diferenças de nível das marcas

Resultados finais

Marcas	Comprimento de cada troço em kilometros	Diferenças de nível correctas			Erro medio	Erro medio kilometrico	Designação e localidade das marcas
		Primeira operação	Segunda operação	Medias adoptadas			
⊙ _{m₁} a NP ₁	0,3029 ^k	+ 5,9868 ^m	+ 5,9858 ^m	+ 5,98630 ^m	0,50 ^{mm}	0,91 ^{mm}	⊙ _{m₁} Soleira da porta da casa do marcogra- pho em Cascaes.
NP ₁ a ⊙ ₁	0,1730	+ 3,2469	+ 3,2461	+ 3,24650	0,40	0,96	NP ₁ Soleira da porta principal da cidadella de Cascaes.
⊙ ₁ a □ ₂	0,2501	— 12,3163	— 12,3162	— 12,31625	0,05	0,10	⊙ ₁ Soleira da porta principal da igreja de Cascaes.
□ ₂ a □ ₃	0,3935	+ 6,3919	+ 6,3919	+ 6,39190	0,00	0,00	□ ₂ Angulo sul do lagedo do chafariz da praça de Cascaes.
□ ₃ a □ ₄	0,1495	— 4,9380	— 4,9379	— 4,93795	0,05	0,13	□ ₃ Bordo do tanque do chafariz da Con- ceição.
□ ₄ a □ ₅	0,1802	+ 2,9870	+ 2,9863	+ 2,98665	0,35	0,82	□ ₄ Degrau da cruz proxima da capella da Conceição.
□ ₅ a □ ₆	0,3404	+ 10,3509	+ 10,3496	+ 10,35025	0,65	1,11	□ ₅ Base do pedestal do padrão da Concei- ção.
□ ₆ a □ ₇	0,2006	+ 19,6972	+ 19,6975	+ 19,69735	0,15	0,33	□ ₆ Soleira do portal das escadas a meio da ladeira da Costa.

□ ₇	a	⊙ ₈	1,0362	- 30,4565	- 30,4593	- 30,45790	1,40	1,38	□ ₇	Marco kilometrico n.º 26.
⊙ ₈	a	⊙ ₉	0,5622	+ 10,6423	+ 10,6417	+ 10,64200	0,30	0,40	⊙ ₈	Base do pedestal do padrão do Estoril.
⊙ ₉	a	□ ₁₀	0,5928	- 1,0166	- 1,0184	- 1,01750	0,90	1,17	⊙ ₉	Degrau inferior da cruz no alto da la-deira.
□ ₁₀	a	⊙ ₁₁	0,8094	- 2,6521	- 2,6525	- 2,65230	0,20	0,22	□ ₁₀	Marco kilometrico n.º 21.
⊙ ₁₁	a	⊙ ₁₂	0,9538	+ 3,1014	+ 3,0946	+ 3,09800	3,40	3,48	⊙ ₁₁	Base da pilastra L. do portão da quinta de Marques Leal.
⊙ ₁₂	a	⊙ ₁₃	0,5582	- 5,9829	- 9,9807	- 5,98180	1,10	1,47	⊙ ₁₂	Rocha perto do moinho de Cahe Agua.
⊙ ₁₃	a	□ ₁₄	0,7591	+ 12,8444	+ 12,8445	+ 12,84295	1,45	1,66	⊙ ₁₃	Rocha ao sul da estrada no fim da descida.
□ ₁₄	a	⊙ ₁₅	0,8501	- 0,7218	- 0,7214	- 0,72160	0,20	0,22	□ ₁₄	Marco kilometrico n.º 21.
⊙ ₁₅	a	□ ₁₆	0,9609	+ 0,5388	+ 0,5360	+ 0,53740	1,40	1,43	⊙ ₁₅	Rocha ao sul da estrada no entroncamento da que vem de Paredes.
□ ₁₆	a	⊙ ₁₇	0,7204	+ 3,1141	+ 3,1117	+ 3,11290	1,20	1,41	□ ₁₆	Espera da cancella da entrada da quinta do Carneiro.
⊙ ₁₇	a	□ ₁₈	0,8239	+ 2,5934	+ 2,5884	+ 2,59090	2,50	2,75	⊙ ₁₇	Angulo SE do lagedo adiante da porta da igreja de Carcavellos.
□ ₁₈	a	⊙ ₁₉	0,4833	+ 1,6304	+ 1,6270	+ 1,62870	1,70	2,45	□ ₁₈	Espera do portão no entroncamento da entrada de Alcavidexe.
⊙ ₁₉	a	□ ₂₀	0,2967	- 3,8179	- 3,8192	- 3,81855	0,65	1,19	⊙ ₁₉	Espera do portão norte no sitio das tres portas.
□ ₂₀	a	□ ₂₁	0,4550	- 21,0496	- 21,0522	- 21,05090	1,30	1,93	□ ₂₀	Soleira da cancella proxima do marco kilometrico n.º 17.
□ ₂₁	a	NP ₂	0,5236	- 16,8463	- 16,8457	- 16,84600	0,30	0,41	□ ₂₁	Soleira do portão.

MODELO N.º 4

NIVELAMENTO GEOMETRICO DE PRECISÃO

LINHA — CASCAES A CERCAL

SECÇÃO 2.ª — DE OEIRAS A BELEM

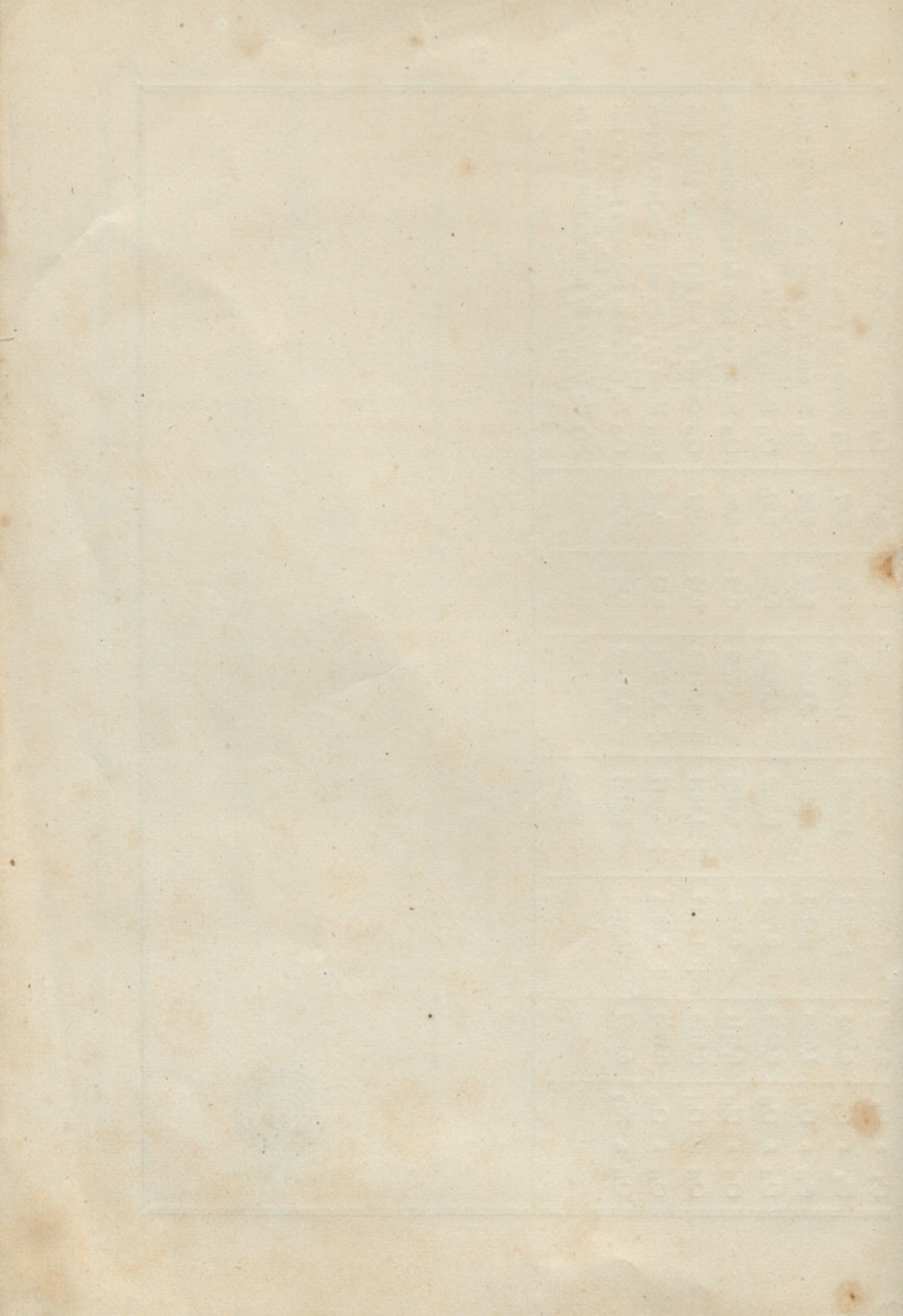
Diferenças de nivel das marcas

Resultados finais

Marcas	Comprimento de cada trecho em kilometros	Diferenças de nivel correctas			Erro medio	Erro medio kilometrico	Designação e localidade das marcas
		Primeira operação	Segunda operação	Medias adoptadas			
NP ₂ a □ ₁	0,4357	+ 18,4853	+ 18,4836	+ 18,48445	mm 0,85	mm 4,29	NP ₂ Frente da igreja de Oeiras na sapata.
□ ₁ a ○ ₂	0,4952	- 15,7783	- 15,7813	- 15,78000	4,30	4,85	□ ₁ No pedestal da cruz de Oeiras.
○ ₂ a □ ₃	0,4751	- 6,0485	- 6,0486	- 6,04855	0,05	0,07	○ ₂ Laje do resguardo do chafariz do Espregal.
□ ₃ a □ ₄	0,7610	- 11,1962	- 11,1975	- 11,19685	0,65	0,75	□ ₃ Marco kilometrico n.º 15.
□ ₄ a ○ ₅	0,3658	- 3,1898	- 3,1895	- 3,18965	0,15	0,25	□ ₄ Degraú superior do patamar da ermida de Paço de Arcos.
○ ₅ a □ ₆	0,7861	- 2,0962	- 2,0971	- 2,09665	0,45	0,51	○ ₅ Bordo do tanque do lado leste do chafariz de Paço de Arcos.
□ ₆ a ○ ₇	0,8585	- 0,2653	- 0,2710	- 0,26815	2,85	3,08	□ ₆ Lagedo ao sul da entrada entre Paço de Arcos e Caxias.
○ ₇ a □ ₈	0,5545	+ 22,0246	+ 22,0234	+ 22,02400	0,60	0,81	○ ₇ Pedra na saída para a praia em Caxias.

□ ₈	a	□ ₉	0,7627	-	5,0799	-	5,0806	-	5,08025	0,35	0,40	□ ₈	Marco kilometrico n.º 12.
□ ₉	a	⊙ ₁₀	0,5248	-	12,9235	-	12,9265	-	12,92550	4,50	2,07	□ ₉	Soleira da porta.
⊙ ₁₀	a	□ ₁₁	1,0408	-	2,6735	-	2,6781	-	2,67380	2,30	2,25	⊙ ₁₀	Na guarda do norte da ponte da Cruz Quebrada.
□ ₁₁	a	□ ₁₂	0,5668	-	0,7928	-	0,7929	-	0,79285	0,05	0,07	□ ₁₁	Espera do portão.
□ ₁₂	a	□ ₁₃	0,6444	-	0,4297	-	0,4286	-	0,42915	0,55	0,69	□ ₁₂	Soleira da porta do torreão circular em Dafundo.
□ ₁₃	a	□ ₁₄	0,6193	+	4,4612	+	4,4621	+	4,46165	0,45	0,57	□ ₁₃	Guarda do sul da ponte de Algés (por fora da grade).
⊙ ₁₄	a	□ ₁₅	0,4983	+	4,7864	+	4,7877	+	4,78705	0,65	0,92	⊙ ₁₄	Marco de pedra na esquma junto do portão da quinta.
□ ₁₅	a	NP ₃	0,9956	-	4,2120	-	4,2134	-	4,21270	0,70	0,70	□ ₁₅	No chafariz de Pedrouços junto ao primeiro vaso do lado de oeste.
												NP ₃	No rebordo da porta do lado do sul da igreja dos Jeronymos.







RÓ
MU
LO



CENTRO CIÊNCIA VIVA
UNIVERSIDADE COIMBRA

1329651756

