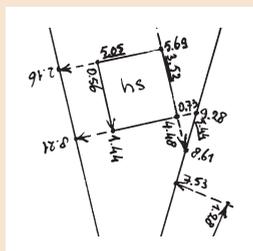
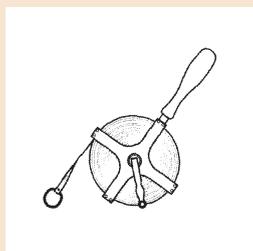


Levantamentos topográficos simples aplicados às áreas rurais



Agrodok 6

Levantamentos topográficos simples aplicados às áreas rurais

Jan H. Loedeman

© Fundação Agromisa, Wageningen, 2005.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida qualquer que seja a forma, impressa, fotográfica ou em microfilme, ou por quaisquer outros meios, sem autorização prévia e escrita do editor.

Primeira edição em português: 2002

Segunda edição: 2005

Autor: Jan H. Loedeman

Design gráfico: Eva Kok

Tradução: Láli de Araújo

Impresso por: Digigrafí, Wageningen, Países Baixos

ISBN: 90-8573-005-8

NUGI: 835

Prefácio

No Outono de 1996 a Agromisa pediu-me para servir de intermediário a ajudar a encontrar um autor qualificado para proceder à revisão da primeira edição deste manual, publicada em 1990. Este pedido inseria em si um convite pois senti o desafio de incluir algumas das minhas próprias ideias sobre o tipo de topografia que o Agrodok 6 aborda em qualquer das suas edições novas. Como é habitual, existe uma diferença pertinente entre o nascimento de uma ideia e a sua realização mas várias fontes de inspiração fizeram com que levasse a cabo o meu trabalho.

O apoio constante manifestado pela responsável das publicações da Agromisa, Marg Leijdens e pela sua sucessora Margriet Berkhout desempenhou um papel decisivo. Estou muito reconhecido pela confiança inflexível que me demonstraram. Dirijo, igualmente, os meus agradecimentos a Johan Boesjes, presidente da GITC bv, cujo apoio financeiro permitiu a correcção das versões preliminares dos meus textos. Este trabalho não teria sido finalizado a tempo sem a devoção imediata de Kate Ashton, que também desempenhou o papel de leitora voluntária das referências, assegurando-me que este Agrodok abre a topografia para os não-profissionais. Na medida em que eu próprio não sou geómetro de profissão, senti um grande alívio quando o meu colega e amigo Marc Chieves – geómetro qualificado nos Estados Unidos da América e director da revista Professional Surveyor - me garantiu que a minha visão do assunto era sólida. A maneira linear em que me comunicou a sua opinião persistirá em mim.

A minha estadia em 1972 na região de Khroumir no noroeste da Tunísia constituiu uma fonte de inspiração muito importante. Tive aí que engolir algumas lições amargas recebidas dos agricultores de subsistência. Durante os cinco meses que passei entre eles, fizeram-me compreender, gradualmente, que certos aspectos importantes das práticas da agricultura de subsistência não se prestam a medições, no sentido mais literal. Contudo, eles mostraram muito interesse pelo in-

strumento topográfico que utilizei para calcular a superfície dos seus campos em hectares, uma unidade de medida da qual não tinham nenhuma necessidade. Por sua vez, estes homens iletrados mas habilidosos e inteligentes absorveram, gradualmente, o poder intelectual das medições, em combinação com modelos e cálculos. Com a realização deste manual rendo-lhes um tributo humilde, assim como a outros seus colegas qualquer que seja o lugar aonde vivem.

O autor, Jan H. Loedeman

Wageningen, 17 de Dezembro de 2000

Índice

1	Introdução: raio de acção e estrutura	6
2	O levantamento topográfico ultrapassa o quadro da elaboração de mapas	11
2.1	Apresentação de um levantamento topográfico com vista a construção	11
2.2	O levantamento topográfico de um terreno	15
2.3	Critérios que um mapa do local de construção deve satisfazer	20
2.4	Implantação de um projecto de construção	26
2.5	Como proceder em caso de erros ou imprecisões ?	32
3	Métodos e técnicas topográficas	42
3.1	Estabelecer comprimentos e ângulos em dois planos	42
3.2	Materialização de elementos geométricos	50
3.3	Medição do comprimento ao longo de uma linha ('levantamento a cadeia')	57
3.4	Aplicação de ângulos rectos (90°) horizontais	61
3.5	Medição de ângulos não-rectos num plano horizontal	69
3.6	Aplicação de ângulos rectos (90°) verticais (num sentido vertical)	74
3.7	Medição dos ângulos de inclinação	80
4	Nivelar com auxílio de um instrumento	84
4.1	Conceitos	84
4.2	Equipamento	86
4.3	Métodos	95
4.4	Prevenção de erros e precisão	100
5	Uma boa prática de topografia, resumo	104
	Leitura recomendada	107
	Glossário	108

1 Introdução: raio de acção e estrutura

A maioria dos agricultores no mundo ainda praticam, de alguma forma, agricultura de subsistência. Todavia não se pode comparar a utilização que fazem de animais de tracção e dos seus métodos agrícolas baseados no trabalho manual com as técnicas de agricultura inteiramente mecanizadas e altamente automatizadas que se estão a tornar uma norma para muitos dos seus colegas da América do Norte. É por esta razão que o termo ‘agricultura’ é demasiado geral para ser verdadeiramente explícito.

O mesmo se aplicando no referente ao termo ‘topografia’. Um topógrafo moderno não pode dispensar um computador que lhe permite realizar, num fechar de olhos, operações matemáticas complexas, sobre os dados que dispõe das medições, obtidos com equipamento sofisticado e altamente automatizado. A mesma tecnologia permite a uma máquina de terraplanagem de abrir um canal ou de aplanar, automaticamente, um terreno inclinado segundo a forma espacial concebida geometricamente pelo computador e transferida ao sistema de navegação e de operação da máquina. Contudo, como em relação a todas as formas de agricultura, a topografia está baseada em alguns conceitos genéricos que são independentes da tecnologia utilizada para pôr esses conceitos em prática.

A quem se destina (ou não se destina) o Agrodok 6

Este livrinho destina-se a todos aqueles, qualquer que seja a razão, que tenham interesse pelas técnicas de medições relacionadas com a ‘construção’, que vão mais além pelas aplicadas por um carpinteiro. Pressupõe-se um conhecimento de, pelo menos, algumas noções sobre princípios básicos de geometria. Ainda que um conhecimento factual do ramo das matemáticas chamado ‘geometria plana’ não constitua um pré-requisito, facilitar a compreensão da maioria dos assuntos apresentados.

Este livrinho não foi, de modo nenhum, escrito na forma de um manual para satisfazer aqueles que esperam ou necessitam de instruções mais detalhadas apresentadas num estilo de um livro de receitas culinárias. Embora se encontrem incluídas algumas ‘receitas’, sempre que tal é apropriado ou se necessita de clarificar algo, deixa-se um grande espaço à imaginação do leitor para que o mesmo possa ser considerado como um manual de topografia ‘compreensível’. Simplesmente não é esse o seu objectivo, nem se destina a servir de utensílio de formação de topógrafos mas sim de ajudar a compreender alguns princípios básicos que formam o núcleo da topografia em geral.

O que trata (ou não) o Agrodok 6

Este livrinho apresenta a topografia de um modo que não é praticada por nenhum topógrafo profissional. Esta afirmação parece enigmática e irrealista, mas é precisamente o contrário. Conseguir compreender os princípios da topografia não se trata tanto de uma maneira de aprender como o topógrafo faz mas sim de como ele pensa. Numa perspectiva histórica, a topografia também se caracteriza por um grau elevado de especialização de trabalho, o que se reflecte no tipo de tarefas desempenhadas pelos topógrafos e a educação obtida a vários níveis profissionais.

No que se refere a grandes obras de construção, a maioria das medições são efectuadas pelos topógrafos que receberam o nível de educação mais baixo. A esse nível não é necessário explicar ou conhecer alguns conceitos básicos e essenciais na medida em que, dentro do contexto da distribuição do trabalho, estes conceitos são dirigidos para um nível mais elevado no âmbito da organização, o nível ao qual se monitoriza o processo da topografia. Esta a razão porque a maior parte dos manuais que tratam, especificamente, de técnicas topográficas ‘simples’, talvez não sejam muito úteis quando se trata de fornecer uma panorâmica geral destes conceitos e deste processo. Por outro lado, a um nível de educação mais elevado, a topografia é abordada de um ponto de partida matemático. Mas mesmo a este nível os métodos e técnicas são apresentados e discutidos um por um sem explicitamente considerar a topografia como um processo, da cabeça aos pés.

Quando se pretende fazer uma apresentação introdutória da topografia, depara-se, igualmente, com um problema mais genérico que reside na ligação de dois ‘mundos’ bastante diferentes. O trabalho que um topógrafo realiza num local de construções (*site*)¹, por exemplo, é claramente visível e não difere muito do trabalho efectuado por um carpinteiro ou por um operário da construção: ele tira medidas utilizando um instrumento para o efeito. Estas acções realizam o aspecto do ‘mundo real’ da topografia. Todavia a conexão entre as medições individuais e a coesão destas acções assenta num ‘mundo abstracto’ que obedece a leis da geometria e a outros ramos das matemáticas.

Os modelos geométricos constituem o núcleo de qualquer trabalho de topografia. Daí que os problemas genéricos da topografia e as suas soluções exijam uma passagem do mundo real – no qual se realizam as medições – para o mundo abstracto, o dos modelos geométricos – aonde os dados obtidos são utilizados e relacionados entre si. Os resultados das operações matemáticas têm que ser transferidos, de novo, para o mundo real, quer seja o local das construções, quer uma folha de papel. E, visto que, sobre o plano prático, a topografia é, e deveria ser, em grande medida uma questão de formação no local de trabalho, a distinção entre os ‘mundos’ real e abstracto fica, facilmente, embaciada.

Este livrinho foi concebido como uma tentativa de apresentar a topografia de uma forma genérica, aplicando conceitos geométricos mas sem utilizar as matemáticas. Ainda que não nos tenhamos esquivado, deliberadamente, às ideias abstractas, seguimos, contudo, uma linha de pensamento prática. Os levantamentos topográficos com vista a construção oferecem um contexto muito prático e uma ilustração clara e compreensível do que é a topografia. Embora isso explique o título deste Agrodok, todavia não constitui, realmente, o assunto principal. O termo ‘simples’ faz parte do título com o intuito de expressar o facto que o nível tecnológico das medições abordadas é ‘inteligível’ e ‘compreensível’, o que não implica, de modo nenhum, que seja ‘simplista’ ou ‘ingénuo’.

Conteúdo e estrutura do Agrodok 6

A melhor maneira de aprender topografia é de ser formado no local e processo de trabalho por um topógrafo profissional. É um pouco como aprender a montar a cavalo ou a camelo, é impossível fazê-lo bem se o conhecimento que se tem do assunto apenas provém de livros. Como se passa em relação a muitos outros ofícios, é necessário muita prática. Ademais é-se confrontado com ciladas e barreiras que não podem ser endereçadas no papel, como seja o reconhecimento de um terreno de construção que necessita que se faça um levantamento topográfico ou que se mantenham apontamentos claros e metódicos ou sobre o nível de detalhe que tem que ser fornecido pelo levantamento em relação a uma construção específica.

O Capítulo 2 explica o que é a topografia de construção (Sec. 2.1). O seu objectivo principal é de realizar uma construção sobre um terreno e não se trata apenas de elaborar mapas (Sec. 2.2). Contudo, em alguns casos, o mapa de um terreno pode-se revelar útil quanto ao processo de um plano/planta de uma obra de construção, caso satisfaça alguns requisitos específicos (Sec. 2.3). Para se erigir uma construção num determinado terreno tal implica uma inversão do processo de mapeamento, utilizando as mesmas técnicas de topografia que são usadas num mapa do terreno (Sec. 2.4). Em qualquer fase de um levantamento topográfico há erros que podem surgir. Daí que a prevenção e detecção a tempo de erros constitua a base de qualquer ‘boa prática de topografia’ (Sec. 2.5).

O Capítulo 3 começa por esclarecer como num levantamento topográfico o espaço do mundo real se encontra ligado a algum espaço matemático artificial que, por sua vez, se subdivide em dois espaços ‘planos’: o espaço horizontal e o vertical. No espaço real medem-se dois tipos de grandezas geométricas: os comprimentos entre as posições e os ângulos entre as direcções. Estas grandezas devem ser correlacionadas geometricamente em espaço matemático. E, de modo inverso, as grandezas geométricas devem ser realizadas literalmente sobre um terreno antes que se possam iniciar as construções (Sec. 3.1). É por esta razão que é preciso materializar, no terreno de construção, os pon-

tos e as linhas, quer seja temporária , quer permanentemente (Sec. 3.2). Utilizam-se instrumentos para medir os comprimentos entre as posições, ao longo das linhas do levantamento (Sec. 3.3). Para se medir com precisão as diferenças de altura (comprimentos verticais) sobre grandes comprimentos horizontais, é necessário a aplicação de um instrumento de nivelamento (este assunto será tratado separadamente no capítulo seguinte). Utilizam-se os ângulos rectos e não-rectos para determinar ou colocar as direcções, horizontalmente (Sec. 3.4 & 3.5) e verticalmente (Sec. 3.6 & 3.7).

O Capítulo 4 trata da utilização e construção de um instrumento de nivelamento. Este assunto em si poderia ser objecto de um tratado do tamanho deste livrinho. Dentro do espaço limitado que este capítulo contém, apenas se poderão apresentar os conceitos básicos de nivelamento (Sec. 4.1) e a descrição do equipamento mais comum (Sec. 4.2). Não há espaço, pois, para se tratar das aplicações; apenas se apresentam os métodos, embora de uma maneira bastante sucinta (Sec. 4.3) assim como alguns aspectos sobre a prevenção de erros (Sec. 4.4).

O Capítulo 5 apresenta, em duas páginas, um resumo das ‘boas práticas topográficas’ relacionadas com os métodos técnicos apresentados nos capítulos 2, 3 & 4. Esta é a única parte do livro que é apresentada num estilo de um livro de receitas.

Depois do Capítulo 5 é apresentado um glossário de seis páginas, que compreende uma descrição da maioria dos termos técnicos utilizados ao longo deste Agrodok.

Não se inclui uma bibliografia pois não faz sentido apresentar uma lista de livros escritos em holandês. Em seu lugar incluímos conselhos de ‘leitura recomendada’ na última página da qual constam os dados bibliográficos de dois livros escritos em inglês que serviram de livro de referência para este Agrodok.

2 O levantamento topográfico ultrapassa o quadro da elaboração de mapas

Este Capítulo explica o que é a topografia de construção (Sec. 2.1). O seu objectivo principal é de realizar uma construção sobre um terreno e não se trata apenas de elaborar mapas (Sec. 2.2). Contudo, em alguns casos, o mapa de um terreno pode-se revelar útil quanto ao processo de um plano/planta de uma obra de construção, caso satisfaça alguns requisitos específicos (Sec. 2.3). Para se erigir uma construção num determinado terreno tal implica uma inversão do processo de mapeamento, utilizando as mesmas técnicas de topografia que são usadas num mapa do terreno (Sec. 2.4). Em qualquer fase de um levantamento topográfico há erros que podem surgir. Daí que a prevenção e detecção a tempo de erros constitua a base de qualquer ‘boa prática de topografia’ (Sec. 2.5).

2.1 Apresentação de um levantamento topográfico com vista a construção

‘Construir’ significa ‘edificar’ ou ‘pôr em conjunto’. O objectivo do levantamento topográfico de construção consiste em realizar medições topográficas que são necessárias para se proceder a construção num terreno. A construção pode ser de uma estrada, uma escola, um canal, uma barragem ou outra construção do tipo. O que tem que ser ‘levantado topograficamente’ e como as medidas necessárias têm que ser tiradas depende tanto da construção como do terreno aonde a mesma será efectuada.

Métodos de construção

Durante milénios o homem realizou, com êxito, construções em todo o mundo que abrangem pontes, sistemas de regadio, terraços em bancos, barragens para retenção de água e todo o tipo de edifícios, sem para que tal fizesse quaisquer levantamentos topográficos. Se bem que não

tenham sido necessárias medições topográficas para as executar, foi preciso que estas estruturas tivessem dimensões proporcionadas. Tal podia ser realizado através dum método de construção que pode ser designado como ‘dimensionamento durante a construção’.

Contudo, quando uma construção vai ser efectuada de acordo com desenhos, o método de construção a ser seguido será, nesse caso, ‘construção segundo o desenho/planta’. Quando se quer realizar uma construção num terreno, de acordo com o desenho, nessa altura é preciso trabalhar com levantamentos topográficos para que o desenho seja efectuado convenientemente. Um excelente exemplo fornecido pela Antiguidade são as grandes pirâmides do Egipto que foram construídas ‘de acordo com os desenhos’. Outras construções majestosas foram as erigidas pelas extintas culturas índias na América do Sul e Central. Apesar das enormes dimensões e da complexidade destas construções históricas, as técnicas de levantamento topográfico utilizadas eram muito simples, se se comparam com os padrões modernos. A mesma simplicidade de tecnologia topográfica é responsável por inúmeras construções efectuadas pelos laboriosos Romanos, erigidas em todo o seu Império, na Europa do Sul e Ocidental, no Médio-Oriente e na África do Norte.

O planeamento de uma construção

Para se fazer o plano de uma construção, é preciso determinar correctamente as dimensões que corresponderão à utilização da obra de construção. No caso de um canal de regadio, por exemplo, este deverá ser planeado com uma inclinação e um corte transversal específicos, para possibilitar o fluxo de água, com uma velocidade e descarga, já determinadas. Uma ponte deverá ter um certo vão e a sua construção deverá ser suficientemente forte para suportar o peso do tráfego previsto. Uma barragem de retenção, cuja altura já foi fixada, deve ser suficientemente forte para resistir à pressão da água exercida sobre a mesma. Uma escola com um determinado número de salas de aula tem que proporcionar espaço para o número de carteiras e cadeiras pretendido.

Um terreno não pode ser descrito geometricamente apenas através do mapa desse terreno, na medida em que, geometricamente, o mapa apenas descreve o terreno no sentido horizontal e, em muitos casos, o terreno tem que ser geometricamente descrito também no sentido vertical. Tal é possível através das chamadas ‘secções’.

O desenho ou o esboço de uma construção planeada

Um mapa contém, implicitamente, dimensões tais como as mesmas aparecem nos gráficos. Os símbolos num mapa que se referem a dimensões são a barra referente à escala e o gráfico do mapa composto de quadradinhos de tamanho igual. Tal é muito diferente de um desenho de construção. Num desenho de construção todas as medidas e dimensões relevantes têm que figurar explicitamente em forma numérica.

A razão pela qual um desenho de construção fornece, explicitamente, todas as dimensões relevantes numericamente é uma questão de fiabilidade. Esse desenho será utilizado para erigir a construção. Partes dessa construção serão fabricadas separadamente e quando forem montadas, no terreno, têm que se encaixar perfeitamente. A precisão das dimensões tem que ser até alguns centímetros ou até mesmo milímetros. Seria muito difícil alcançar esta precisão se se determinassem as dimensões dos diferentes elementos a partir de cálculos baseados sobre as medidas que figuram no desenho e tiradas com a ajuda de uma régua normal. Em primeiro lugar isso seria, não só pouco prático e incómodo, mas também e o que é mais importante, este método provavelmente seria pouco fiável devido à utilização da régua. Ao se derivarem medidas desta maneira, podem-se cometer erros, tanto no que se refere às medidas como aos cálculos das dimensões reais.

O que foi referido sobre a necessidade de se elaborarem mapas – apenas o faça se for absolutamente necessário – aplica-se igualmente no caso dos desenhos de construção. Dado que o raio de acção deste livrinho são as áreas rurais, raros são os casos em que serão necessários desenhos detalhados de construção. Na maioria dos casos será suficiente a utilização de um esboço/croqui que indique as dimensões mais

importantes da construção planeada. É evidente que se deve controlar se a construção visada poderá ser realizada no terreno planeado. Contudo, é uma questão de colocar as dimensões fundamentais no terreno, tal como será explicado na Sec. 2.4.

Materiais de desenho

Para a elaboração de mapas e de desenhos técnicos pode-se utilizar material de escritório e equipamento de desenho normal. Uma necessidade primordial é a utilização de lápis duros e bem afiados. Para desenhar linhas rectas e as dimensões de medida no mapa é necessário ter uma régua simples, de preferência com uma divisão de meio milímetro. Também é preciso um compasso para traçar arcos com um determinado raio.

Embora a melhor base para um mapa claro seja uma folha branca de papel de desenho é melhor utilizar uma folha de papel quadriculado que é passível de ser obtido com os quadriculados de 1 centímetro ou de 5 milímetros. Ainda melhor será a utilização de folhas especiais com quadrículas em milímetros, existentes em diversas dimensões. Para medir ou desenhar ângulos num mapa, pode-se utilizar um transferidor com uma graduação angular de um grau ou, de preferência meio grau.

Mapeamento, traçado e medição de perfis

Quando se quer proceder a um levantamento topográfico dentro do quadro de trabalho de se realizar uma construção, dever-se-ão distinguir, claramente, três passos:

- Em primeiro lugar, para preparar a construção, descreve-se o terreno geometricamente, tanto horizontal como verticalmente através de medições topográficas. É isso a que chamamos, geralmente de fazer o 'levantamento' em que a descrição é fornecida, muitas das vezes, através do mapa do terreno. Contudo, nem sempre é preciso um verdadeiro mapa, tal como explicaremos na Sec. 2.2.
- Caso a construção tenha que ser feita segundo as dimensões 'tal como aparecem no plano', é preciso ter um mapa do terreno para o plano da construção. Todavia, se as dimensões são determinadas

quando a construção já está a realizar-se, este passo intermédio não será, então, necessário.

- Como passo final, o plano da construção deverá ser traçado no terreno nas dimensões reais e na posição correcta. Para isso terá que proceder-se, igualmente, a medições topográficas.

2.2 O levantamento topográfico de um terreno

A elaboração de um mapa de um terreno é uma tarefa árdua e incómoda, adicional às actividades topográficas. É, pois, importante decidir se tal é ou não absolutamente necessário. Em muitos casos as anotações tiradas no terreno e os esboços realizados durante o levantamento do terreno podem bastar para traçar um plano das construções. Assim, é preciso fazer uma distinção clara entre ‘fazer o levantamento de um terreno’ e ‘elaborar um mapa do terreno’ .

O registo dos dados num caderno de apontamentos

O mapa de um terreno tem que ser elaborado a partir de dados registados num caderno de apontamentos quando se procede às medições topográficas do terreno. Este caderno compreende distintos tipos de dados:

- Esboços (croquis) que indicam as características principais do terreno nas suas posições relativas, assim como pontos e linhas utilizados no levantamento topográfico.
- Tabelas aonde os dados referentes às medições são registados de maneira sistemática.
- Descrições e anotações que facilitam a utilização e a interpretação dos dados relativos às medidas.
- Cálculos para controlar e assegurar se os dados relativos às medidas estão correctos.

O conteúdo de um mapa de terreno não poderá incluir qualquer informação suplementar sobre o terreno para além dos dados registados no caderno de apontamentos. No entanto, estas duas representações gráfi-

cas diferem significativamente quanto às suas características geométricas. Tal é ilustrado na figura 1 e figura 2.

Necessidade e função do mapa do terreno

Em termos gerais, quanto mais complexo é o projecto de construção, tanto mais se coloca a necessidade de se elaborar um mapa do terreno.

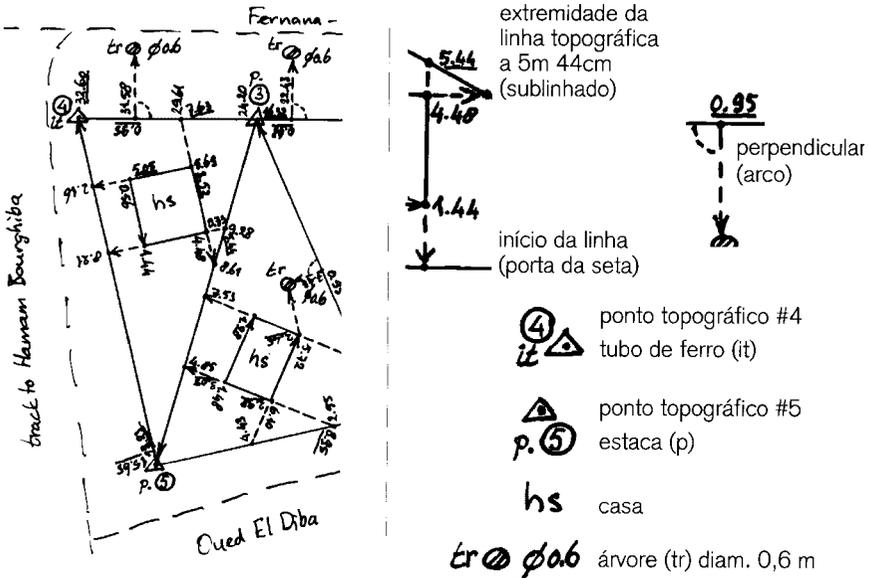


Figura 1: Extracto de um esboço de terreno imaginário utilizado para elaborar um mapa do terreno, ver a figura 2.

A elaboração de um mapa é um trabalho complexo e difícil de realizar. Caso não seja absolutamente possível passar sem ele é preciso restringir-se ao mínimo indispensável: a descrição de pontos e de linhas topográficas utilizadas para medir o terreno das construções e dos obstáculos relevantes, caso existam. Estes pontos e estas linhas permitirão efectuar um plano horizontal correcto da construção. O mapa deve indicar os detalhes geométricos necessários, como se explica num dos parágrafos seguintes desta secção. Se, por exemplo, se tratar de um

projecto de construção de uma escola, o mapa do terreno da construção deve servir para:

- traçar correctamente o plano dos edifícios no mapa;
- transferir este plano do mapa para o terreno das construções.

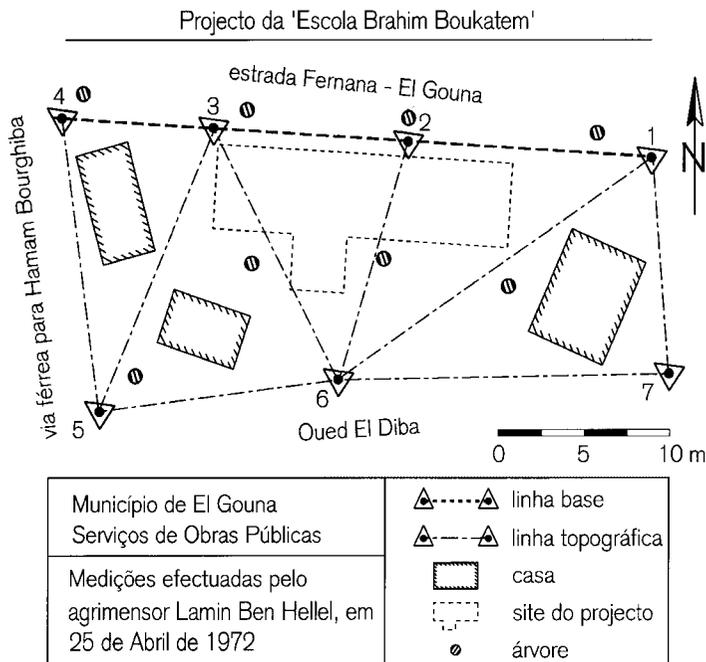


Figura 2: Mapa de um terreno imaginário elaborado a partir de um esboço do terreno da figura 1. Parte-se do princípio que a escala original do mapa é de 1:100.

O traçado do plano é discutido num dos parágrafos seguintes nesta secção. A implantação do plano traçado no terreno da construção é tratada na Sec. 2.4. A transferência consiste em transpor o projecto no local da construção ‘segundo o plano’, quer dizer, no devido local e com as dimensões devidas, utilizando, para tal, as medições topográficas.

A representação da altura através de símbolos e de cortes

Um mapa representa a geometria do local num sentido horizontal e não no vertical. A informação sobre a altura pode ser incluída num mapa através de três tipos de símbolos gráficos, ver a figura 3:

- Un ponto ou um outro símbolo do mesmo género acompanhado por um número indica a altura numa dada unidade de comprimento, por exemplo o metro. Este ponto refere-se à posição no terreno que se encontra a essa altura. Chama-se altura cotada.
- Uma linha acompanhada de um número que indica a altura. A linha refere-se a todos os pontos do terreno que se caracterizam pela mesma altura. A tal se chama curva de nível .
- Um símbolo gráfico indicando uma mudança brusca ou abrupta do terreno, como seja uma represa/talude, uma escavação, um dique ou uma escarpa. Este símbolo não está acompanhado de uma informação numérica.

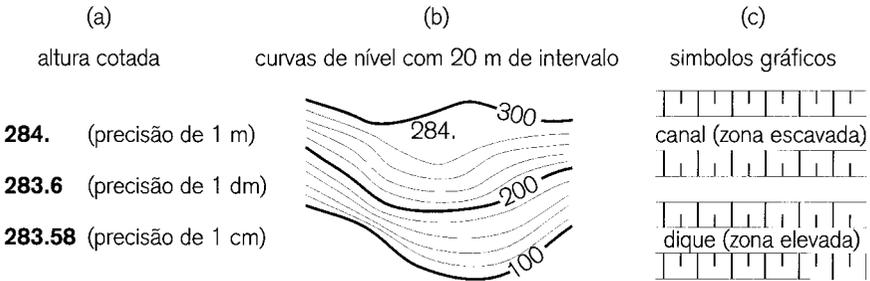


Figura 3: Três símbolos gráficos que representam a altura, num mapa: (a) altura cotada; (b) curva de nível; (c) símbolo gráfico.

Quando se tem que construir uma estrada ou um canal, não é suficiente uma informação sobre a altura de uma forma não-geométrica. Habitualmente indica-se a altura através de medidas de altura efectuadas ao longo de vários cortes. A posição dos cortes é indicada no mapa com a ajuda de linhas simbólicas, ver a figura 4. Para representar a altura ao longo de uma estrada ou de um canal, servimo-nos do que se chama um corte longitudinal. Informações suplementares sobre a altura são dadas por uma série de cortes transversais perpendiculares ao corte

longitudinal. Estes cortes transversais são indispensáveis para determinar as dimensões de um projecto de construção (reconstrução) duma estrada ou de um canal. No Capítulo 4 é explicado como os cortes podem ser medidos com precisão.

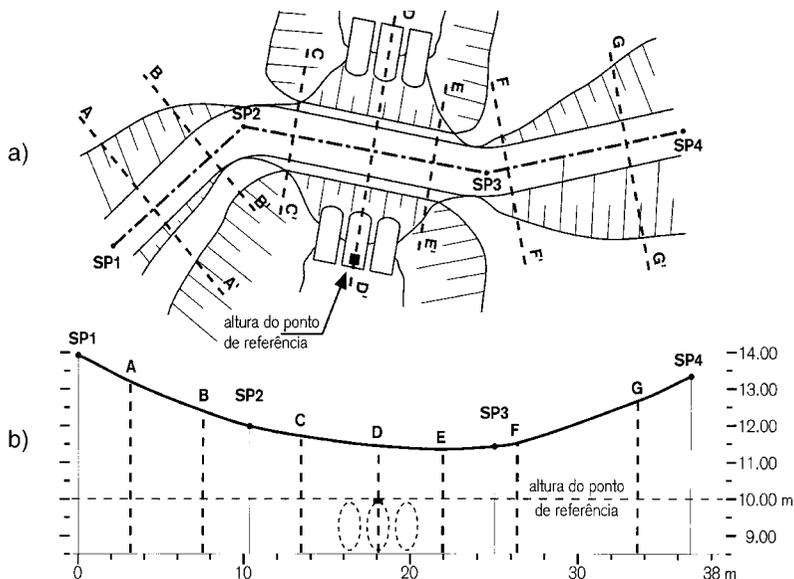


Figura 4: (a) mapa de um local imaginário representando uma estrada que atravessa um curso de água através de uma barragem com três aquedutos. Os cortes são indicados por linhas pontilhadas. (b) corte longitudinal SP1 - SP4. (Os cortes transversais A-G são representados na figura 5)

Uma zona destinada à irrigação será dividida em parcelas cuja superfície deverá ter uma inclinação regular, numa direcção específica. Quando a superfície natural estiver bastante plana e lisa, mesmo assim será necessário efectuar correcções locais com o objectivo de aplanar a superfície, porque alguns lugares são demasiado altos e outros demasiado baixos. Cortando-se os altos e enchendo-se os baixos, a superfície da encosta tornar-se-á regular, tal como se pretende. Um modelo de ‘alturas cotadas’ bem distribuídas permite calcular os cortes e os enchimentos correctos a efectuar em relação a cada parcela indivi-

dual do regadio. Uma boa técnica de medição para determinar essas ‘alturas cotadas’ é a técnica de nivelamento, que abordaremos no Capítulo 6. O desenho de um sistema de regadio, que abrange o necessário corte e enchimento da parcela, não se insere no quadro deste Agrodok.

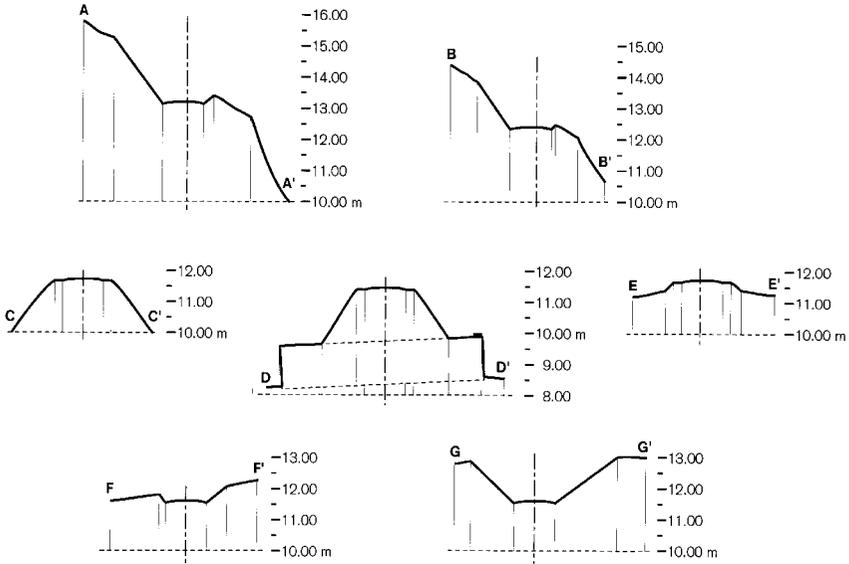


Figura 5: Cortes transversais A - G do corte da estrada SPI-SP2 no mapa do local (Figura 4). A escala vertical é 2 vezes superior à escala horizontal a fim de representar as diferentes alturas em detalhe.

2.3 Critérios que um mapa do local de construção deve satisfazer

Geometria de um mapa

‘Mapear’ um local de construções é descrever as suas características principais de acordo com a sua forma, a sua orientação e a sua posição relativa, mas em tamanho reduzido. O gráfico que daqui resulta representa um plano horizontal imaginário no qual as características do ter-

reno são indicadas por meio de pontos, linhas e outros símbolos gráficos. Esta descrição aplica-se tanto a um esboço como a um mapa mas um mapa de um local de construção difere de um esboço do terreno nas suas características geométricas.

Num esboço do terreno qualquer quadrado irregular pode representar a planta rectangular de uma casa, por exemplo, mas sob a condição expressa de se dispor de dados de medidas que possibilitem a reconstrução do seu tamanho e forma reais. Daí que seja impossível derivar as formas e dimensões reais de uma construção a partir de um esboço do terreno, sem consultar os dados adicionais sobre as medidas.

O objectivo essencial de um mapa do local da construção é de desenhar o plano de um projecto de construção. De forma a possibilitar este objectivo tem que se conhecer a relação entre a geometria real do local das construções e a que é representada no mapa do *site*. A maneira mais simples é de definir um factor multiplicador fixo entre os comprimentos do *site* e a representação reduzida deste comprimento no mapa. De um ponto de vista matemático, é preciso, pois, que a geometria de dum mapa de *site* esteja conforme com a planimetria do *site*, ou, por outras palavras, que ‘reproduza a forma exacta de qualquer área pequena, num tamanho reduzido’. Um esboço não pode satisfazer esta condição.

Se realmente existe um factor multiplicador fixo entre os comprimentos reais e as suas representações em tamanho reduzido, o mapa tem, pois, uma escala uniforme, irrespectivamente da posição e da direcção. Vejamos como o conceito ‘escala de um mapa’ pode ser aplicado.

‘Escala’ versus ‘número de escala’

A escala do mapa pode ser escolhida livremente de acordo com o detalhe e utilização necessários do mapa. Por exemplo, se se deve representar o trajecto de um canal de regadio com 2 hectómetros (200 metros) de comprimento num mapa com um formato de uma folha A4, o gráfico não poderá ultrapassar uma área de 20 vezes 30 centímetros. Assim, o trajecto de 2 hm terá que ser reduzido a menos de 30 cm para

entrar numa folha A4, o que implica um factor de redução de ‘200 m em 30 cm’, que pode ser indicado no mapa por uma escala gráfica de barras, ver a figura 6. Uma tal escala apenas pode ser usada graficamente e é especialmente conveniente quando a relação é expressa em termos de ‘km em cm’, por exemplo.

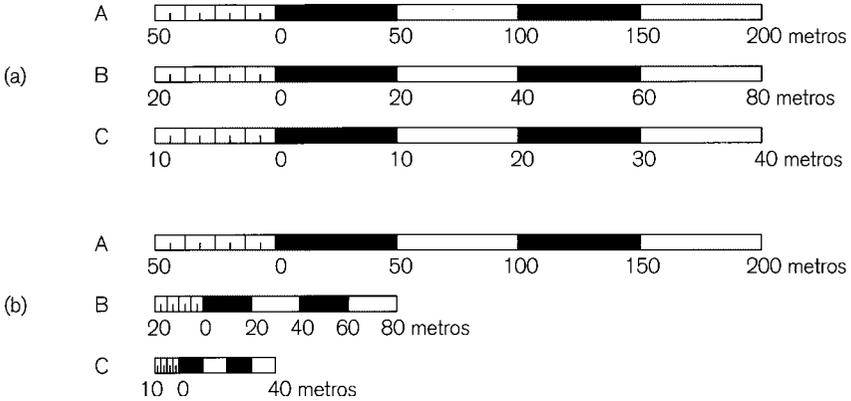


Figura 6: Três escalas de gráfico de barras (a) cada uma delas à escala do mapa correspondente em que A é a escala mais pequena e C a maior; (b) todas três à escala de A.

Para se conseguir elaborar um mapa com precisão é melhor utilizar-se um factor de redução que uma escala gráfica mas nesse caso uma fórmula do tipo ‘2 hm em 3 cm’ torna-se muito mais difícil de utilizar de forma concreta. Em primeiro lugar, a fracção obtida - 0,06667 (ou seja o decimal equivalente a 2: 30), numericamente é bastante arbitrária e pouco prática. Para além disso, a relação ‘hm/cm’ mostra que esta fracção não é ‘indimensionável’, quer dizer, que não pode ser aplicada sem se tomar em consideração a diferença em relação às unidades das medidas.

Convencionalmente exprime-se a escala de um mapa com um factor de redução indimensionável que é um número inteiro e arredondado. No exemplo supracitado obtém-se esse número substituindo a unidade ‘quilómetro’ pela unidade ‘centímetro’. Com efeito, o comprimento

físico de um hectómetro é igual a 10 000 vezes a do centímetro. Se fizermos a redução de hm a cms obteremos na seguinte relação ‘20 000 cm por 3 cm’. Os dois comprimentos agora encontram-se expressos na mesma unidade (cm), obtendo-se, pois, um factor de redução indimensionável igual a 667 (se se arredondar o número inteiro mais próximo). Este número não é muito prático para a conversão dos comprimentos reais no *site* em comprimentos correspondentes no mapa e vice-versa. É mais prático utilizar um ‘número arredondado’, por exemplo 1 000 neste caso, o que quer dizer que 2 hm no *site* correspondem a 20 cm no mapa.

As qualificações ‘superior’ e ‘inferior’ aplicados a escalas podem levar a confusões. Um factor de redução de 1 000 é superior (resulta numa maior redução) ao factor 667. O primeiro representa o *site* a uma escala inferior à do último. Numericamente, uma escala representa uma relação muito inferior a 1. Uma relação de 1 a 1 000 (ou 1/1 000, ou 1:1 000) é igual à fracção decimal 0,0010 que, na realidade, é 1,5 vezes inferior da decimal da fracção equivalente - 0,0015 ou 1/667.

Pode-se evitar esta confusão entre ‘superior’ e ‘inferior’ fazendo-se uma distinção clara entre a escala que é uma fracção cujo numerador é 1, e o número da escala ou factor de redução, que é o denominador nesta fracção. Daí que uma escala de um mapa de ‘1 para s’ seja igual a ‘1 dividido pelo factor de redução s’, isto é $S = 1:s = 1/s$.

Precisão adequada de um mapa

Para se representar geometricamente, por exemplo, um tronco de árvore de um metro de largura num mapa à escala de 1/10 000, seria necessário desenhar um círculo com um diâmetro de 0,1 mm, o que é impossível. Mesmo a uma escala vinte vezes superior (1/500), o círculo não seria maior que 2 mm. Consequentemente, é evidente que não é possível representar geometricamente todos os detalhes de um *site*.

Os profissionais formados e experientes obterão no máximo uma precisão geométrica de representação no mapa de 0,2 mm, utilizando para tal equipamento e material de desenho especializado. Dentro do qua-

dro de trabalho deste Agrodok não se pretende obter um tal resultado. Quando se utiliza material de escritório e de desenho normal pode-se esperar uma precisão da ordem dos 1,0 mm.

A uma escala de 1/500, uma precisão de 1 mm corresponde a 500 mm, ou seja, 0,5 m no terreno. Se um mapa cuja precisão não ultrapassa 1,0 mm deve representar detalhes de construção da ordem de 0,1 m, podemos questionar-nos se não seria melhor uma escala alargada para 1/100. Este não é geralmente o caso porque um mapa de um *site* não tem como função representar os detalhes da construção. O mapa destina-se, antes de tudo, a reproduzir o *site* da construção e não a própria construção. Os detalhes devem ser apresentados separadamente e de forma muito precisa por um esquema de construção que abordaremos mais adiante. O objectivo de um mapa de um *site* é, como já vimos anteriormente, de desenhar e situar a localização de uma construção em relação às características existentes do *site* e ao ‘nível apropriado de detalhes’. A escala será escolhida em função do *site* e do plano de construção. Este ponto será ilustrado no parágrafo seguinte, tomando como exemplo um projecto de construção de uma escola com algumas casas à sua volta.

Escalas adequadas

Suponhamos que as dimensões da escola projectada sejam de 25,3 metros de comprimento por 7,1 metros de largura. Estes números decimais significam que a indicação geométrica do contorno/curva de nível tem uma precisão de 0,1 metro, ou 100 milímetros. Caso se decida utilizar uma escala de 1/500, será preciso dividir as dimensões reais por 500 para poder traçar o plano no mapa. Em milímetros, as dimensões exteriores deste projecto são de 25 300 mm por 7 100 mm. Reduzidas à escala do mapa, estas medidas são 25 300 mm/500mm por 7 100/500mm, ou seja 50,6 mm por 14,2 mm. Estes resultados mostram que para obter uma representação geométrica exacta no mapa, é preciso que a precisão cartográfica seja superior a 0,1 mm. Uma precisão tão elevada não é realista visto que a precisão prevista será dez vezes inferior (aproximadamente 1 mm). Ademais não é ne-

cessário ter uma precisão de 0,1 mm para que o mapa de um *site* cumpra o objectivo desejado.

Suponhamos que o *site* foi escolhido devido à sombra que é dada por grandes árvores na zona aonde a escola se encontra projectada. A distância entre os troncos das árvores e o edifício tem que ser de ‘no mínimo de alguns metros’. Se bem que esta referência careça de precisão, indica implicitamente que uma precisão ‘superior a um metro’ será suficiente para determinar a posição do edifício dentro do plano, entre as árvores que o rodeiam. Talvez seja necessário abater algumas dessas árvores.

Tendo em vista uma precisão cartográfica estimada em 1 mm, o factor de redução tem que ser ‘inferior a’ 1 m para 1 mm. Como o comprimento de 1m é equivalente a 1000 vezes 1 milímetro, o factor de redução deverá ser ‘inferior a 1000’. Consequentemente, a escala do mapa terá que ser superior a 1/1000. Uma escala de 1/500 seria conveniente para este projecto porque permitiria uma representação do *site* com uma precisão de 0,5 metro, isto é, quinhentas vezes a precisão cartográfica. Esta precisão é nitidamente insuficiente para uma representação geométrica dos detalhes de construção com precisão adequada mas, tal como já salientámos anteriormente, isto não constitui o objectivo do mapa do *site*. Os desenhos de construção necessitam uma escala compreendida entre 1/25 et 1/100.

Resumo dos requisitos necessários para um mapa do *site*

Cada mapa é elaborado tendo um objectivo bem definido o que se reflecte nas suas características como sendo o conteúdo e a escala. Os mapas podem servir objectivos vários mas nesse caso os requisitos gerais não são viáveis. A lista que apresentamos seguidamente diz respeito a mapas de *site* para serem utilizados num levantamento topográfico simples.

Características gerais

- Título, data e ‘autor’ do mapa; nome e localização do *site*
- Explicações sobre o objectivo do mapa e o seu conteúdo numa ‘vigneta’.

Elementos geométricos

- Escala e escala gráfica (de barras)
- Seta indicando o Norte ou outra referência física para a orientação
- Pontos topográficos marcados indicando as linhas topográficas, pontos de referência.

Símbolos gráficos

- Apresentação gráfica clara, permitindo uma ‘leitura’ fácil
- Utilização consequente e uniforme dos símbolos de pontos, linhas e áreas
- Utilização convencional de signos e cores.

Um bom meio de se familiarizar com os mapas e a sua elaboração é de examinar todos aqueles que estiverem ao seu alcance, quer sejam de boa, quer de má qualidade.

2.4 Implantação de um projecto de construção

A implantação de um projecto de construção no *site* previsto necessita das mesmas técnicas e utensílios topográficos que a feitura do mapa desse *site*, ainda que os objectivos sejam diferentes:

- A feitura do mapa refere-se às medidas topográficas relativas às características já existentes no *site*.
- A implantação refere-se às medidas topográficas relativas às características que devem ser adicionadas ao *site*.

Por exemplo, têm que se marcar no *site* os pontos de ângulo do edifício da escola utilizando estacas ou barrotes nas posições físicas previstas, tendo em conta os elementos existentes no *site*, tais como árvores, grandes rochas, casas, uma estrada, etc. Além disso, os solos tem que ser postos ao nível e altura desejados, em função da superfície do terreno.

É necessário efectuar medidas topográficas para se estabelecer uma ligação geométrica entre as características existentes no terreno e o plano de construção. Como já vimos na Sec. 2.1., existem dois métodos que permitem realizar uma construção: pode-se ‘dimensioná-la

durante a própria construção’ ou ‘construí-la segundo o plano/desenho’. No primeiro caso é inútil realizar um plano incluindo desenhos técnicos. Também não é necessário um mapa do *site*. Apenas é necessário ter um esboço aonde figurem indicações sobre a posição e a orientação do projecto de construção no *site*, a como já nos referimos na Sec. 2.2. As medidas necessárias são apenas as que dizem respeito à forma e às dimensões da construção.

A situação apresenta-se muito diferente e muito mais complexa nos casos em que a construção deve ser ‘construída tal como consta no desenho’. Nesse caso tem que se estabelecer uma ligação geométrica entre o desenho do plano e o *site* antes das construções começarem. Essa ligação depende da descrição geométrica do *site*. Trata-se de um esboço do terreno ou de um mapa do *site*? Debrucemo-nos um pouco mais sobre este assunto.

Utilização de apenas um esboço do terreno

A geometria de um mapa de um *site* está em conformidade com o *site* correspondente, não se passando o mesmo em relação ao esboço do terreno, tal como é ilustrado nas diferenças geométricas evidenciadas entre a figura 1 e figura 2. É impossível de determinar a ligação geométrica existente entre um esboço e o *site* através da medição no esboço com uma régua pois necessita-se de uma escala para calcular as medidas reais a partir das medidas constantes do gráfico. Uma solução é fazer o esboço a uma determinada escala o que implica que tem que ser transformado num mapa do *site*. Abordaremos esta solução no próximo parágrafo.

Por outro lado não existe uma necessidade de elaborar um mapa minucioso quando a posição da construção no *site* é evidente ou quando o *site* contém uma superfície plana ou quase vazia. Nesse caso poder-se-á determinar a posição e orientação do plano no *site*. O mapeamento pode ser limitado ao traçado de uma linha topográfica sobre o desenho do projecto que servirá de linha de base para a delimitação do projecto no *site*. Esta linha topográfica pode ser fisicamente obtida através da utilização de dois pontos de marcação permanentes. Partindo

desta linha de base podem-se estabelecer no *site* todos os outros comprimentos e dimensões indicados no desenho do projecto.

Utilização de um mapa preparado sobre o *site*

Contudo, em relação a todos os casos onde não se pode estabelecer livremente a posição e a orientação de uma localização (lay-out) num *site* no início da construção, será necessário dispor de um mapa do *site*. Constitui definitivamente a melhor abordagem caso a situação do *site* seleccionado seja complicada pois permite assegurar uma ligação geométrica adequada entre a planta do projecto e a situação física, real, no terreno (*site*). Para tal será necessário empreenderem-se duas etapas.

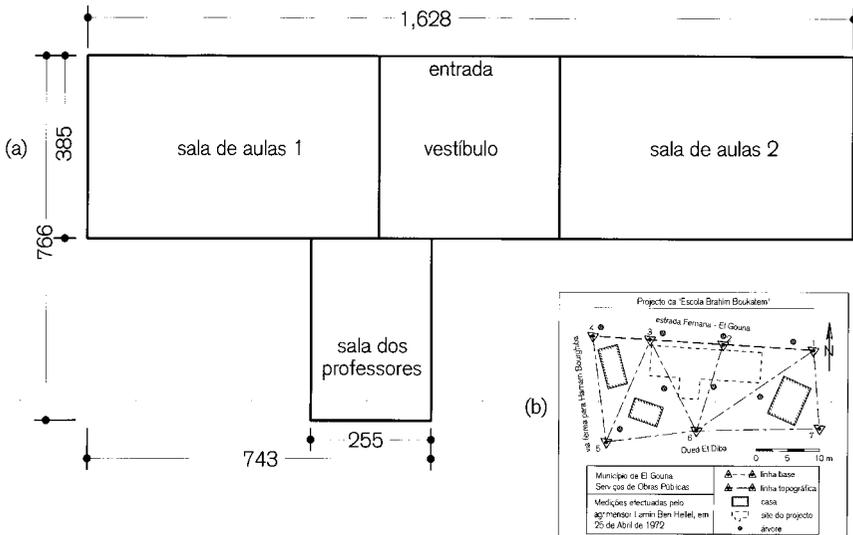


Figura 7: Exemplos imaginários e simplificados do plano dum projecto (a) e dum mapa de *site* (b). Antes de se poder ajustar o desenho à geometria do mapa, é necessário reduzi-lo à escala do mapa.

Etapa 1: do desenho do projecto ao mapa do *site*

A primeira etapa conducente ao procedimento da implantação consiste em transferir o plano/planta do projecto para o mapa do *site*. De uma

forma geral, as escalas do desenho e do mapa serão diferentes, ver a figura 7. Consequentemente, terá que se reduzir a escala da planta antes do mesmo poder ser traçado no mapa, o que constitui uma operação simples, ver a figura 8:

- Reproduza numa folha de papel, a planta exactamente à mesma escala do mapa.
- Recorte a planta.
- Coloque a planta no mapa, na zona projectada.
- Cole a planta quando este estiver na posição correcta.

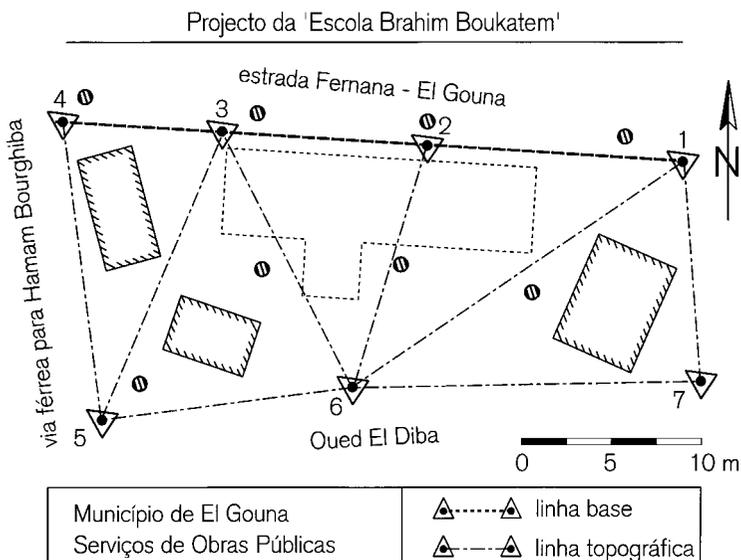


Figura 8: Posicionamento correcto, de acordo com a escala do mapa, dentro da área projectada no mapa do site. (assume-se que a escala do mapa original é de 1:100).

Suponhamos que o plano deve ser colocado paralelamente à linha de base do mapa. Tal tem como resultado que o mapa e o plano agora estão ligados graficamente, mais ainda não geometricamente. Esta correlação é indispensável para poder implantar o projecto no *site* de acordo com o desenho apresentado na figura 8.

A maneira de proceder à inferência decorre em várias etapas. Começa-se por ligar os oito pontos angulares do projecto (Figura 8) com a linha de base através de quatro linhas perpendiculares. Numerar os pontos do início e do fim (vértices) (11-12, 21-22, 31-32 e 41-42). Indicar com arcos, com uma linha tracejada, aonde os ângulos rectos devem ser colocados no *site*. Em seguida acrescentar as linhas tracejadas 13-43, 14-44 e 25-35.

O ‘ponto de partida’ para a elaboração das linhas topográficas é o ponto topográfico SP3, já definido. A partir deste ponto, a primeira linha topográfica acompanha a linha de base, passando pelo ponto SP2 e termina no ponto 41. (Desenhar linhas contínuas para indicar as linhas topográficas e marcar o início de cada linha com uma seta). Colocar, seguidamente, as quatro linhas perpendiculares que começam em 11, 21, 31 e 41. As duas últimas são as linhas 44-14 et 35-25. Por fim acrescentar três linhas topográficas diagonais (14-21, 24-35 e 31-44) para verificar, após a implantação, se os ângulos são, realmente, rectos.

Antes de se poder avaliar as medidas que têm que ser colocadas ao longo das linhas topográficas, é necessário determinar, primeiramente, a posição e a orientação do contorno exterior. Pode-se proceder a tal, de um modo fácil, através da distância que separa SP3 da linha 11-12 e da que separa as duas linhas paralelas SP3-SP2 e 13-43. Medir estas duas distâncias com uma régua no mapa já elaborado (Figura 8), e multiplicar cada uma delas pelo factor da escala do mapa. Por exemplo, se o mapa tiver uma escala de 1/100 e se as distâncias medidas são, respectivamente, de 3 mm e de 6 à 7 mm, os comprimentos requeridos a serem implantados serão de 0,30 m e de 0,65 m.

Para finalizar, todas as outras medidas a serem implantadas podem ser inferidas a partir destas duas distâncias e das dimensões indicadas no plano/desenho, ver a figura 7. O resultado é mostrado na figura 9.

2.5 Como proceder em caso de erros ou imprecisões?

O levantamento topográfico encontra-se notoriamente sujeito a erros e, por isso, terá que se saber lidar com a ocorrência de eventuais imprecisões/inexactidões. A prevenção e a correção dos erros constitui um dos aspectos mais importantes da topografia. No entanto, nem todas as inexactidões poderão ser consideradas como erros. Para se poder fazer frente, de modo eficaz, a uma situação de erro, é necessário compreender-se, de certo modo, a ocorrência das inexactidões e as suas potenciais causas e consequências.

É necessário fazer-se uma distinção importante entre dois tipos de inexactidões que afectam as medições topográficas:

- Erros reais que podem ser evitados. Deve-se impedir que os mesmos ocorram ou, pelo menos, aperceber-se deles e, se possível, estimá-los e corrigi-los.
- Os desvios normais quanto às medições que são inerentes a uma falta de precisão das técnicas de medição e dos instrumentos utilizados sendo, portanto, inevitáveis não constituindo, pois, erros atribuídos a uma ‘falta’.

Imprecisões normais e lapsos involuntários

A capacidade humana de cometer erros é inimaginável. Não é, pois, possível, proceder a uma listagem exaustiva de todos os erros que poderão ocorrer no processo de um levantamento topográfico com vista à construção. Felizmente, os erros poderão ser classificados de acordo com um número limitado de tipos de erros.

A maior parte das imprecisões provêm de erros involuntários. Os topógrafos chamam-lhes «lapsos». A detecção de lapsos é crucial para qualquer trabalho de topografia.

As inexactidões aceitáveis

O ideal seria que apenas estas constituíssem o único tipo de erros cometidos. Mais adiante explicaremos as razões porque achamos mais apropriado utilizar o termo ‘precisão das medições’.

De um modo geral pode-se dizer que quanto mais simples é o equipamento de topografia, tanto mais imprecisos serão os resultados das medições.

O equipamento não funcionou adequadamente

É raro que se possa detectar, exteriormente, se um aparelho ou instrumento poderá funcionar apropriadamente. Um aparelho que não esteja a funcionar bem fornece, involuntariamente, dados errados de medições. De um modo geral, quanto mais simples é o equipamento, tanto mais haverá a possibilidade que funcione mal. Mas mesmo o aparelho mais simples necessita de ser tratado com cuidado e de manutenção. Um controle regular do material insere-se na assim chamada ‘boa prática de topografia’.

O equipamento não foi utilizado adequadamente

Nas mãos de um não-profissional, é pouco provável que até o equipamento mais preciso e com uma melhor manutenção forneça resultados exactos. O equipamento simples de topografia precisa de ser utilizado adequadamente, o que constitui em si, muitas vezes, uma tarefa complexa, tal como iremos tratar mais em profundidade nos Capítulos 4 e 5. Quanto mais o equipamento é complicado na sua utilização, tanto mais se coloca o risco de se cometerem erros. Tal não implica que equipamento tecnicamente complexo seja difícil de utilizar; na realidade passa-se o contrário. Os instrumentos computadorizados, modernos de topografia são, ao mesmo tempo, muito precisos e muito fáceis de utilizar. Infelizmente, a sua complexidade técnica e o seu preço, excluem-nos de serem tratados neste Agrodok.

Os dados relativos às medidas não foram registados correctamente

Ocorre, frequentemente, que se cometem erros aquando da transcrição dos dados de um instrumento de medição. Estes erros provocados por falta de atenção são difíceis de detectar durante o trabalho no terreno. Uma categoria especial de registo dos dados são os erros de omissão, que tanto podem ser causados por uma transcrição incorrecta dos dados ou uma falta de concentração profissional, durante o trabalho de campo.

É preciso transcrever as medidas de modo que se possam detectar e eliminar os dados errados sem que seja necessário proceder a novas medições. Para tal é necessário que se possa constatar que se cometeu um erro nas medidas mas igualmente em quais medidas o erro foi cometido.

Os cálculos não foram efectuados correctamente

Os erros de transcrição dos dados ocorrem, frequentemente, durante o tratamento dos dados relativos às medidas, quer estejam numa forma gráfica (mapa) ou com a ajuda de cálculos (geometria). A maior parte dos erros de cálculo são, efectivamente, erros de anotação. A grande diferença em relação aos erros que se verificam ao nível do registo dos dados relativos a medições, é a possibilidade de controle. Pode-se verificar um cálculo e corrigi-lo, caso seja necessário, mas não se pode corrigir um registo mal feito de uma medição, caso tenha sido detectado. Na melhor das hipóteses, este dado poderá ser substituído, caso se possam obter dados redundantes, relativos às medições.

Uma prática adequada de topografia constitui a 'prioridade no. 1'

O método de trabalho a adoptar para evitar erros em matéria de topografia não difere muito do que é utilizado pelos contabilistas. A terminologia básica utilizada nesta área, como seja 'fiabilidade', 'precisão' e 'exactidão', é a mesma que se refere a conceitos topográficos de base. O parágrafo seguinte explora estes termos e conduz-nos à introdução de um conceito importante, a 'redundância', o qual discutiremos no último parágrafo desta secção.

A exactidão decorre da 'precisão' e da 'fiabilidade'

É preciso que o resultado das medidas seja exacto. No entanto, exactidão reveste-se de dois aspectos. Um é a 'precisão', que está relacionada com diferenças quanto ao resultado (dispersões) que ocorrem quando, por exemplo, as medidas de comprimento se encontram repetidas várias vezes. O outro aspecto da exactidão é a fiabilidade que indica se o resultado de uma série de medições está correcto e se se pode ou não confiar nele.

O que nos referimos por precisão e fiabilidade pode ser ilustrado de uma forma conveniente com os resultados de um teste de tiro ao alvo com uma espingarda. É impossível de saber se o visor da espingarda está ou não regulado até se ter efectuado o teste de tiro num alvo como o apresentado na figura 10. A figura mostra o resultado de quatro padrões, constituídos cada um deles por dez tiros cada. Os tiros foram efectuados por um atirador experiente, utilizando dois tipos de espingarda: uma espingarda normal e uma espingarda de precisão.

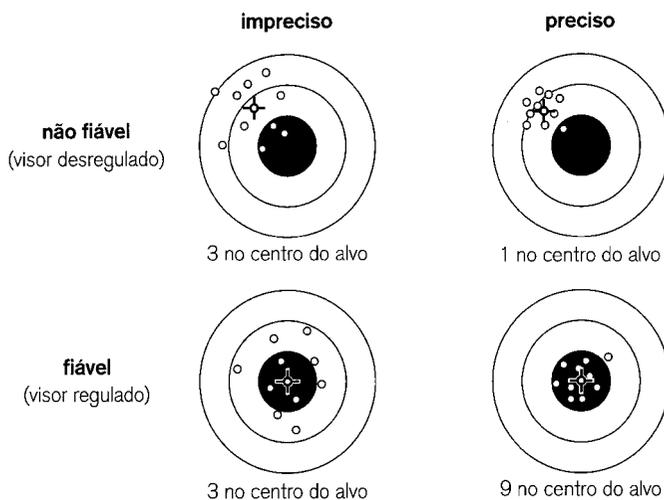


Figura 10: Os conceitos de 'precisão' e de 'fiabilidade' podem ser ilustrados por um teste de tiro executado para verificar e corrigir o visor de uma espingarda normal pouco precisa e a de uma espingarda de precisão. A dispersão sobre o alvo de uma série de dez tiros mostra a precisão da espingarda. A sua posição média (indicada por uma cruz) determina a fiabilidade do visor.

As figuras mostram que os impactos de uma espingarda de precisão se encontram menos dispersos do que os provenientes de uma espingarda normal mas tal não garante que com uma espingarda de precisão se possa atingir mais tiros na parte central do alvo. Como os resultados demonstram, não se pode atirar de maneira fiável com uma espingarda de precisão se o seu visor não se encontra bem regulado: de dez tiros

apenas um atingiu o centro do alvo, enquanto que com uma espingarda normal, com um visor bem regulado, foram três os tiros que atingiram o centro do alvo. Se o visor de uma espingarda de precisão se encontrar bem regulado, são nove os tiros que atingiram o alvo. Embora e apesar do ajustamento, o número que atingiu o alvo com uma espingarda normal continue a ser de três, os resultados na sua globalidade mostram que ambas as espingardas são igualmente fiáveis. Não se pode falar mais de uma aberração na medida em que o desregulamento desapareceu visivelmente visto que a posição média de todos os dez tiros das duas espingardas atingiu o alvo.

Este resultado tem um paralelo na prática de topografia: a utilização de um instrumento de precisão não produz, necessariamente, o resultado aguardado em função da realidade, devido a um erro sistemático. Um tal erro pode permanecer sem ser detectado pois quando se repete várias vezes uma medição, a dispersão em relação aos resultados apenas fornece uma indicação da precisão. Contudo, o resultado médio não pode revelar um erro sistemático que tem a mesma influência sobre cada uma das medições individuais, da mesma maneira que um visor desregulado tem consequência para cada tiro da espingarda. Um erro sistemático escondido apenas pode ser detectado por intermédio de um conjunto de medidas de referência independentes, ou através da utilização de um marco de referência, tal como o alvo no exercício de tiro. Na prática de topografia é quase impossível tomar um ponto de referência em relação a cada medição individual.

Felizmente nos estudos extensivos de topografia utiliza-se a geometria aplicada, que está baseada em regras matemáticas. A aplicação destas regras abre a oportunidade para detectar erros sistemáticos e outros equívocos numa série de dados de medições. O truque é utilizar mais elementos geométricos (comprimentos e ângulos) para resolver um problema geométrico do que o número mínimo requerido do ponto de vista matemático. Deste modo, o número de elementos geométricos torna-se ‘supranumerário’ (ainda que absolutamente não supérfluo), o que resulta numa ‘redundância’ da construção geométrica. Neste contexto, ‘redundante’ significa ‘em grande quantidade’ ou ‘abundante’ e não ‘não requerido’, ‘inútil’ ou ‘indesejável’.

A detecção de um equívoco graças a uma redundância apropriada

O benefício de uma geometria redundante pode ser ilustrado através do exemplo da substituição de uma porta em falta (Figura 11a). É preciso calcular a forma e o tamanho da nova porta, procedendo-se a medições do caixilho da porta que ainda existe, cujas traves são direitas. Um metro normal de carpinteiro com 2 metros de comprimento permite proceder a estas medições do caixilho da porta com uma precisão de alguns milímetros. O carpinteiro terá que reduzir ligeiramente as medidas tiradas de forma a evitar que a porta não fique apertada no caixilho. Para isso é necessário utilizar um metro milimetrado.

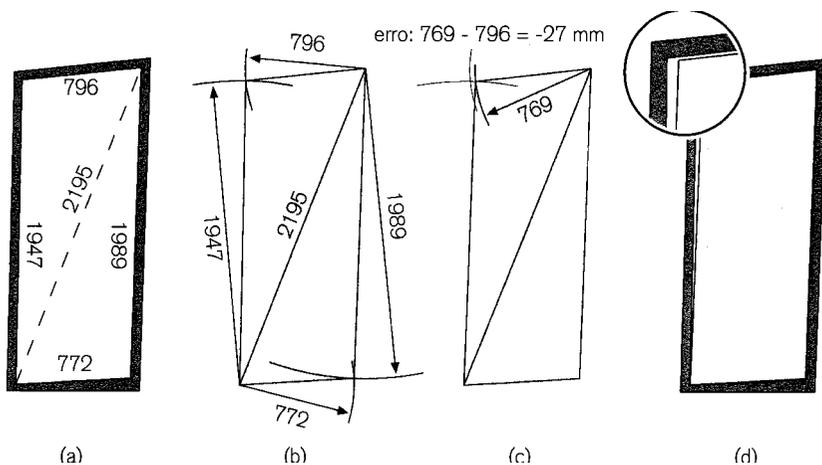


Figura 11: Fiabilidade geométrica explicada graficamente

(a) Um caixilho deformado necessita de uma nova porta. (b) Unicamente as medidas (em mm) dos quatro lados não permitem determinar a forma correcta; por isso também é preciso medir uma diagonal. (c) Contudo, um equívoco na dimensão do lado superior não pode ser detectado. (d) O erro apenas aparece quando a porta é colocada no caixilho. Conclusão: a construção geométrica não compreende qualquer redundância, sendo, portanto, a fiabilidade nula.

A medição da altura e da largura seria suficiente unicamente se o caixilho fosse exactamente rectangular. O carpinteiro não confia nesta suposição e verifica se as duas traves verticais apresentam o mesmo comprimento, procedendo de igual modo em relação às traves horizontais. As medidas revelam, efectivamente, que os quatro lados têm dimensões diferentes. Mas estas medidas não são suficientes, só por si, para determinar a forma da trave. O nosso carpinteiro resolve este problema através da delineação de uma diagonal. Utilizando esta diagonal como uma linha de base, a forma e as dimensões da nova porta podem ser derivadas, exactamente, das medidas do caixilho (b). Mas... qual será a fiabilidade da forma e do tamanho calculados desta maneira?

Suponhamos que o carpinteiro mede correctamente a largura em cima (796 mm) e em baixo (772 mm). Suponhamos também que anota, por inadvertência, e sem disso se dar conta, 769 mm em vez de 796 mm como largura da parte superior. (b) Ainda que tire as medidas duas vezes, não descobre que fez um erro de anotação. (Algumas pessoas têm muita dificuldade em descobrir a inversão de dois dígitos sucessivos, no mesmo número). As medidas disponíveis não permitem qualquer redundância quanto à construção geométrica da porta. Consequentemente, o carpinteiro não pode descobrir que o lado superior da porta é demasiado pequeno até colocar a porta no caixilho (d). O que é que ele poderia ter feito para detectar o erro antes da construção da porta?

Se o carpinteiro também medir a segunda diagonal, esta dimensão suplementar é supranumerária, o que se traduz por uma redundância geométrica, ver a figura 12a. Ao utilizar estas seis dimensões para determinar, na sua oficina, a medida e a forma da porta, descobre que as mesmas não coincidem. A redundância da construção geométrica previne-o que se cometeu um erro aquando da anotação das dimensões. Mas a 'fraqueza' da redundância (apenas uma dimensão supranumerária) não permite determinar qual é a dimensão que está inexacta. É sempre a última dimensão que não corresponde, ver a figura 12b & c. Daí que seja obrigado a voltar a verificar as medidas do caixilho da porta.

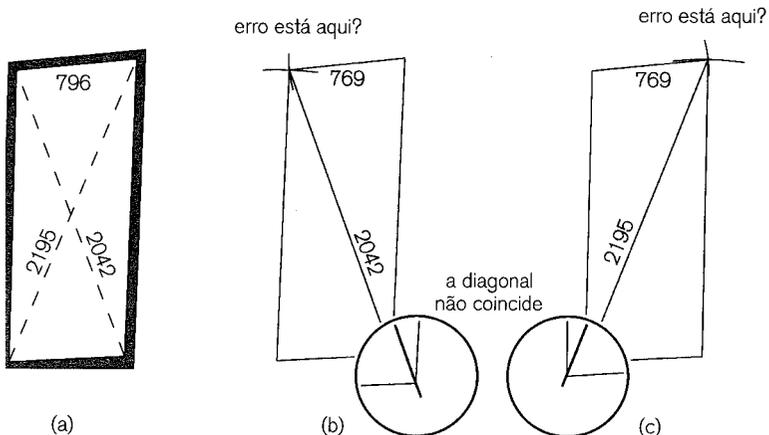


Figura 12: Fiabilidade geométrica explicada graficamente (continuação). (a) O acrescentamento da medida da segunda diagonal revela (b) a existência de um erro, mas (c) o erro não pode ser localizado. Conclusão: a redundância é muito exígua, e, portanto, a fiabilidade é insuficiente.

Tal não se teria passado caso o nosso carpinteiro não tivesse ‘economizado’ nas medidas. Mas há uma solução. Ignorar as diagonais e acrescentar duas linhas auxiliares, colocadas arbitrariamente, fixando duas ripas direitas ao caixilho da porta, ver a figura 13a. A primeira é colocada horizontalmente, com ajuda de um nível de carpinteiro e a outra na posição vertical, utilizando um fio de prumo. Estas duas linhas dividem cada um dos lados em duas partes (b). Medir as oito partes e tomar também as dimensões das duas linhas auxiliares, assim como das suas divisões. Agora a construção geométrica das duas linhas auxiliares contém uma redundância suficiente.

A soma das dimensões das duas partes, para ambos os lados, deve ser igual ao número obtido quando se mede este lado por inteiro. A verificação mostrará que se cometeu um erro quando se tirava uma das medidas na parte superior (c). Mas aonde se encontra o erro? O erro será encontrado quando se proceder ao controle gráfico das medidas (d).

Começa-se por desenhar uma cruz formada por duas linhas perpendiculares. Utiliza-se as medidas anotadas em (b) para construir os lados da porta. Cada um dos lados é determinado por três pontos que serão anotados. Visto que as traves são direitas, estes três pontos devem formar uma linha recta. Suponhamos que tal é o caso, como vemos em (d). As medidas do lado superior $250 + 548 = 798$ mm revelam-se correctas. Consequentemente, a medida 769 mm de (a) tem que estar incorrecta e é preciso eliminá-la. De notar que, efectivamente, o carpinteiro tinha tirado bem as medidas (796), mas que, inadvertidamente, tinha anotado o número mal – invertido os dois últimos dígitos - 769.

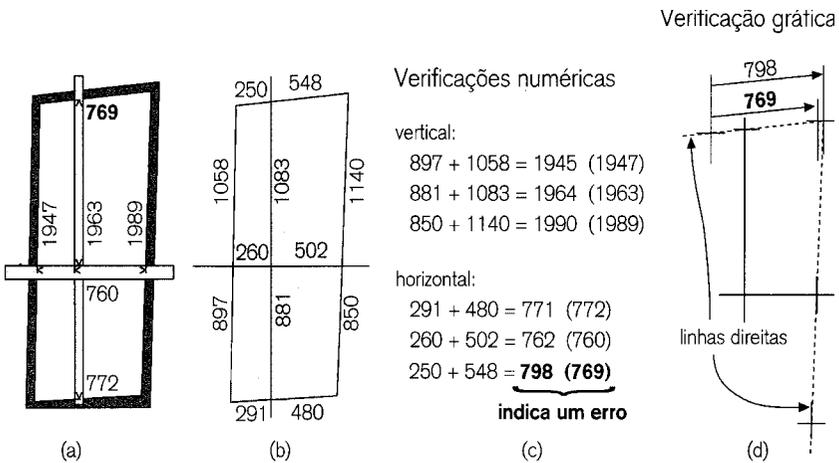


Figura 13: Fiabilidade geométrica explicada graficamente (conclusão)

(a) Duas linhas perpendiculares substituem as diagonais e permitem (b) melhorar o controle geométrico com a ajuda de medidas auxiliares. (c) Pode-se verificar cada uma das medidas servindo-se de duas outras medidas independentes. A última parcela revela um erro na relação entre as três medidas. (d) Uma verificação gráfica mostra que a medida 769 é demasiado curta e que, portanto, se cometeu um erro. Conclusão: uma redundância suficiente traduz-se por uma fiabilidade adequada.

Conclusão: não abandone uma ‘boa prática de topografia’

A analogia entre o problema de carpintaria apresentado e as medidas topográficas aparece clara quando substituímos a armação da porta pelo mapa do *site* da construção e a porta pelo projecto do edifício previsto para esse *site*. O papel desempenhado pela redundância geométrica num levantamento topográfico é, precisamente, o da eliminação de um erro sem que para tal seja necessário tirar medidas adicionais

Os levantamentos topográficos simples, com vista à construção não constituem uma excepção neste domínio. A prevenção de erros/lapsos começa por um bom esboço de terreno, indicando claramente todas as características do *site* e as medidas efectuadas. Este esboço e os documentos que o acompanham formam a base geométrica para o desenho/projecto e para o processo de construção. Por esta razão, durante o trabalho no terreno é preciso verificar se as medidas efectuadas permitem obter uma redundância geométrica adequada de modo a se poder detectar e corrigir os possíveis erros cometidos..

Registar todos os dados relevantes de maneira metódica num ‘dossier’ bem documentado, utilizando, preferencialmente, impressos para tal efeito. Indicar, claramente, no registo todas as alterações que se verificaram, de tal modo que os dados originais se encontrem disponíveis e legíveis. Não hesitar em utilizar notas explicativas, com referências claras sobre os dados topográficos anotados.

« Uma boa prática de topografia » resume-se como:

- Tirar anotações extensas e manter uma administração cuidada.
- Verificar e calibrar (aferir) regularmente o equipamento de medição.
- Assegurar-se de um controle « incorporado » por meio de uma redundância adequada no plano geométrico das medidas.
- Precisão na tomada das medidas. (A precisão não ocupa o 1o. lugar).
- Verificar várias vezes os cálculos e os mapas daí decorrentes.

Ver Capítulo 5 para um resumo sobre ‘uma boa prática de topografia’.

3 Métodos e técnicas topográficas

Um processo de levantamento topográfico liga o espaço real com o espaço matemático, artificial. No espaço real procede-se à medição de dois tipos de grandezas geométricas: os comprimentos entre as posições e os ângulos entre as direcções. Estas grandezas têm que estar correlacionadas geometricamente no espaço matemático. Inversamente, as grandezas geométricas têm que estar literalmente traçadas no *site* antes de se poder iniciar a construção (Sec. 3.1). É por isto que é necessário materializar os pontos e linhas, quer temporária, quer permanentemente, num *site* de construção (Sec. 3.2). Utilizam-se instrumentos/aparelhos para medir as distâncias entre as diversas posições, ao longo das linhas topográficas (Sec. 3.3). Para se tirar as medidas precisas das diferenças em altura (comprimentos verticais) ao longo de grandes linhas de comprimento horizontais, necessita-se de utilizar um instrumento de nivelamento. (Este assunto será tratado separadamente no capítulo seguinte). Servimo-nos dos ângulos rectos e não-rectos para determinar ou para estabelecer direcções num plano horizontal (Sec. 3.4 & 3.5) e vertical (Sec. 3.6 & 3.7).

3.1 Estabelecer comprimentos e ângulos em dois planos

O espaço deve ser descrito num sentido relativo

Dum espaço real para planos abstractos

Em topografia o espaço físico no qual vivemos (a ‘realidade’) é descrito de uma maneira abstracta através de dois planos matemáticos artificiais, i.e., estes planos não existem no nosso espaço físico. Um dos planos é ‘vertical’, quer dizer, é paralelo à direcção do fio de prumo. O outro plano é perpendicular ao fio de prumo e designado como ‘horizontal’ tal como a superfície de um lago quando o tempo está calmo. De facto, a superfície da água não é, realmente, uma superfície plana, tratando-se de uma superfície de nível, que acompanha a curva da terra, tal como se pode ver observando a linha do horizonte de um

oceanos. Contudo, no respeitante aos levantamentos topográficos com vista à construção, a diferença entre uma tal superfície de nível (curva) e um plano horizontal (plano) é irrelevante. O plano vertical é utilizado para descrever a altura a que uma coisa se encontra, e o plano horizontal serve para descrever ‘onde’ uma coisa se encontra. Aplicam-se os mesmos conceitos e convenções geométricas para ambas estas descrições.

De posição e direcção para comprimento e ângulo

Num plano matemático, o espaço é descrito geometricamente por duas grandezas: a posição (‘aqui’ ou ‘ali’) e a direcção (‘de aqui para ali’). Desta maneira, uma posição apenas pode ser descrita em relação a uma outra posição. É, pois, necessário conhecer as dimensões dessas duas grandezas: o comprimento do deslocamento de uma posição para a outra e a direcção desse deslocamento.

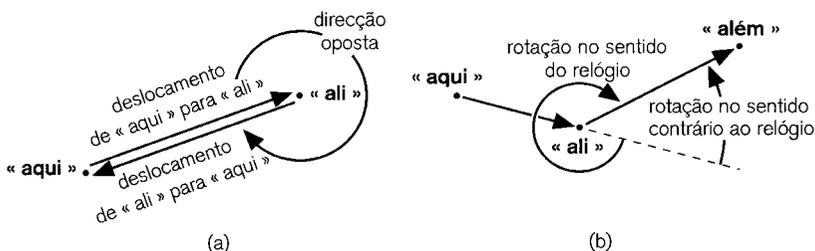


Figura 14: Três posições expressas relativamente uma à outra por intermédio de deslocamento/translação e de rotação: (a) ‘de aqui para ali e de volta a aqui’; (b) ‘de aqui para ali e mais além’.

Cada par de posições determina uma direcção. Embora cada direcção se encontre, em si mesma, subsequentemente determinada de maneira autónoma, as direcções também têm que ser expressas num sentido relativo, sempre que mais de duas posições estejam implicadas no processo. Esta situação é sempre válida, a menos que as posições se encontrem descritas num sentido absoluto, situação que está aquém do raio de acção deste Agrodok. A rotação de uma direcção para a outra chama-se um ângulo. Ver a figura 14.

Unidades de comprimento físico

Cada posição relativa, quer dizer o deslocamento (comprimento) de uma posição a outra, tem uma certa dimensão. Os comprimentos têm que se tornar ‘comparáveis’, e as suas dimensões expressas numa ‘unidade de comprimento físico’. Esta unidade está ‘incorporada’ nos instrumentos de medida, como sejam uma régua de um estudante ou um metro para fins topográficos.

Os dois sistemas mais utilizados para medir comprimentos são o sistema métrico (metro-centrímetro-milímetro) e o sistema inglês (jarda-pés- polegadas). Partimos do princípio que não é necessário explicar esses dois sistemas. Neste Agrodok apenas utilizaremos o sistema métrico.

Unidades angulares

Todos os ângulos devem estar expressos na mesma unidade angular. A maneira mais usual de definir uma unidade angular é dividir um círculo em quatro partes iguais e subdividir cada quarto em noventa partes também iguais, chamadas graus. Cada parte equivale, portanto a 90° , compreendendo o círculo completo 360° . As subdivisões de um grau tanto podem ser expressas numa fracção decimal, por exemplo $34,23^\circ$, ou por uma fracção sexagesimal da mesma maneira que uma hora pode ser dividida em minutos e em segundos. No âmbito da topografia simples com vista à construção, os ângulos são medidos com uma precisão que, pelo menos, vai até às várias décimas de um grau, ou várias dezenas de minutos. Não faz sentido, assim, subdividir os ângulos até ao nível dos segundos.

Em topografia utiliza-se, frequentemente o ‘grad’ e o ‘gon’ como unidades angulares. Esta unidade está baseada numa divisão em cem partes iguais de um quarto de um círculo, expressa como 100g. Deste modo, pode-se dizer que tanto 90° como 100g caracterizam ambos, um ângulo recto. As subdivisões de 1g somente são expressas ao nível decimal. Neste Agrodok apenas é utilizado o grau como unidade angular.

Ângulos no sentido da rotação dos ponteiros do relógio (horários) e ângulos no sentido contrário aos ponteiros do relógio (anti-horários)

Uma rotação de um ponto para outro pode ser definida em duas direcções opostas. Se, por exemplo, uma rotação horária é definida como ‘positiva’, uma rotação anti-horária será, pois, ‘negativa’ (Figura 15).

Se a direcção de A a C é escolhida como direcção de referência (‘ponto de partida = de’) então o ângulo diferencial entre A a C e A a B será negativa, por que o ângulo de A a B é o menor dos dois. O ângulo horário de ‘menos’ ($-$) 34° pode ser transformado num ângulo anti-horário, acrescentando-lhe um círculo completo no sentido horário ($+$) 360° , o que resulta num ângulo horário restante de ($+$) 326° , ver figura 15C.

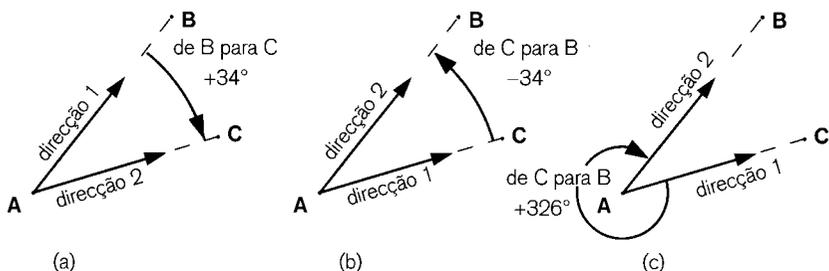


Figura 15: A direcção escolhida como ‘ponto de partida’ para a rotação determina o ângulo de rotação. Apesar do facto que os ângulos de rotação de (b) e de (c) são numericamente diferentes, as duas situações são geometricamente idênticas, visto que a adição de um círculo completo (360°) prova que: $(-)34^\circ + 360^\circ = 360^\circ - 34^\circ = 326^\circ$.

Ângulos horizontais e verticais

Num plano horizontal, a divisão de um círculo completo em quatro partes iguais proporciona os quatro pontos cardeais horizontais do quadrante de uma bússola: Norte, Este, Sul e Oeste. O Norte serve de direcção de referência para expressar os ângulos da bússola até 360° , ângulos esses que são chamados azimutais. Os ângulos azimutais horários são definidos como ‘positivos’ (Figura 16a).

Num plano vertical, a divisão de um semi-círculo em duas partes iguais fornece três direcções cardeais que estão orientadas de acordo com a direcção do fio de prumo: Nadir (fio de prumo), Horizonte (perpendicular ao fio de prumo), Zénite (cume do céu e direcção oposta a Nadir). Os ângulos estão expressos de duas maneiras distintas: uma é por ângulos zenitais a partir do zénite (0° à 180°) e a outra por ângulos verticais, a partir do horizonte (Figura 16b). Neste último caso, os ângulos ‘positivos’, acima do Horizonte, indicam uma ‘elevação’ (até $+90^\circ$) e os ângulos abaixo do Horizonte indicam uma depressão e são qualificados como ‘negativos’ (até -90°).

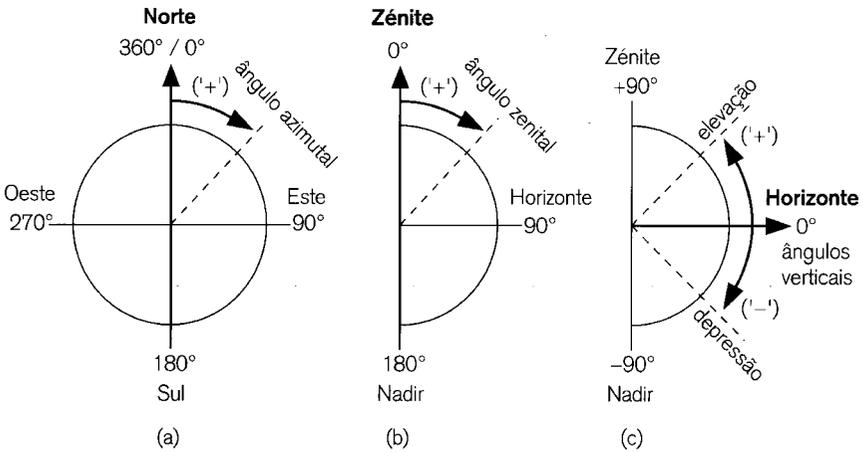


Figura 16: Expressão dos ângulos: (a) Horizontalmente pelo ‘ângulo azimutal’ a partir do Norte. (b) Verticalmente quer seja pelo ‘ângulo zenital’ do cume do céu ou (c) pelo ângulo vertical acima (‘elevação’) ou abaixo (‘depressão’) do Horizonte.

Determinação das posições por meio de elementos geométricos

Construções geométricas simples

O problema mais simples no domínio da topografia é a determinação das posições relativas de três pontos pela construção de um triângulo, através de comprimentos e de direcções. A figura 17a mostra-nos um

exemplo. Partindo duma das três posições, não importa qual, regressasse, exactamente, à posição de partida, construindo-se, sucessivamente, os três lados do triângulo com os comprimentos e as direcções apropriadas.

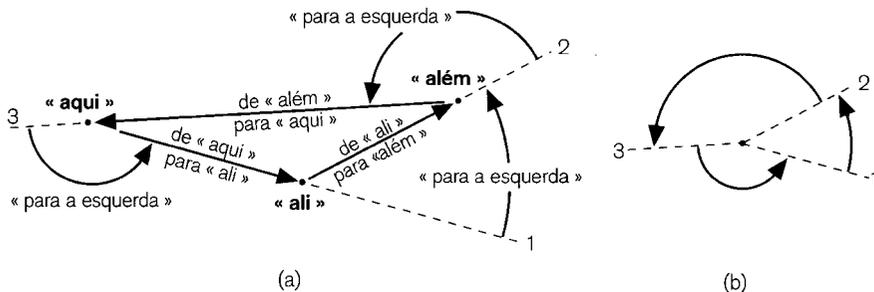


Figura 17: Fecho de um triângulo 'regressando ao ponto de partida' após se ter passado por dois outros pontos. (a) Os três deslocamentos e dois dos três ângulos rotativos formam um triângulo fechado. (b) A soma dos três ângulos de rotação deve formar um círculo completo.

No exemplo apresentado, todos os ângulos estão no sentido anti-horário mas, sempre que a direcção da rotação seja tomada numericamente em consideração (através dos sinais '+' e '-'), é possível utilizar indiferentemente ângulos, quer no sentido horário, quer no anti-horário. Matematicamente, a soma dos três ângulos de rotação é exactamente igual a um círculo completo, ver a figura 17b.

O polígono mais simples é o rectângulo. Quando se constrói um rectângulo por meio de quatro comprimentos e direcções sucessivas que diferem 90° umas das outras, os quatro ângulos de rotação também devem formar um círculo completo. Nesse caso, todavia, as características geométricas de um rectângulo implicam uma condição suplementar, a saber, os comprimentos opostos têm que ter dimensões idênticas.

Construções geométricas complexas

A construção de triângulos ligados uns aos outros (triangulação) e de polígonos (poligonação) faz parte dos conceitos básicos geométricos

da topografia. Na medida em que a utilização destes conceitos é uma questão das matemáticas aplicadas, ultrapassa o alcance deste Agrodok. No entanto, certas características dos triângulos serão explicadas e postas em prática nas secções seguintes deste capítulo.

Afectação de uma linha de base

Cada direcção deve ser expressa em referência a uma outra direcção, o que resulta num ângulo ‘de-para’ tal como se encontra ilustrado na figura 15 e figura 16. Na prática, tal implica que é preciso começar por determinar a direcção de um dos comprimentos antes de se poder definir um ângulo. Nos levantamentos topográficos de construção, as direcções horizontais raramente são determinadas em relação ao Norte, como veremos na secção 3.5. Consequentemente, em relação a qualquer comprimento específico, a direcção deve ser fixada a um valor arbitrário. A este comprimento chama-se linha de base e a sua direcção constitui a direcção de referência. A linha de base serve como espinha dorsal para toda a construção geométrica que resulta de um levantamento topográfico.

O teorema de Pitágoras (regra 3-4-5)

Os ângulos rectos (90°) são vastamente utilizados tanto nas medidas topográficas visando a construção como nas próprias construções, por que os ângulos rectos podem ser construídos ou estabelecidos de uma forma bastante simples. Como os construir num *site*, será explicado na secção 3.4 (plano horizontal) e na secção 3.6 (plano vertical).

Existe um método que está baseado numa característica única dos triângulos rectos expressa no teorema de Pitágoras. Segundo esse teorema um triângulo é rectângulo se o quadrado do comprimento da hipotenusa (o lado mais longo) é igual à soma dos quadrados dos comprimentos dos outros dois lados. Este teorema é representado de maneira corrente pela regra 3-4-5 (Figura 18).

$$(3 \times 3) + (4 \times 4) = 9 + 16 = 25; \text{ e } (5 \times 5) = 25 \text{ igualmente.}$$

Qualquer triângulo cujos lados apresentem a relação 3 : 4 : 5 satisfaz o teorema de Pitágoras. Um triângulo cuja proporção entre os seus lados

é de $3\ 000 : 3\ 000 : 4\ 242$ não é um triângulo rectângulo pela seguinte razão:

$$(3 \times 3) + (3 \times 3) = 18; \text{ mas } (4\ 242 \times 4\ 242) = 17\ 994 \text{ e não } 18\ 000!!$$

Se bem que esta conclusão seja incontestável, ela não é ideal de um ponto de vista topográfico, facto que explicaremos mais tarde.

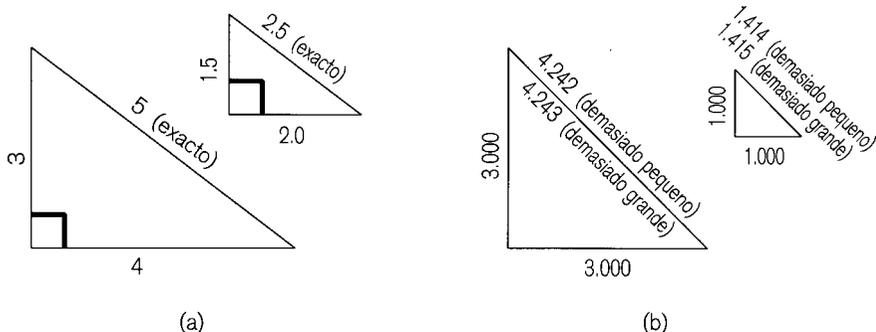


Figura 18: (a) Os triângulos cujos lados têm uma proporção de 3:4:5 satisfazem exactamente o teorema de Pitágoras. (b) Triângulos quase rectos mas que não satisfazem inteiramente o teorema.

Unidades de medida significativas e decimais importantes

Um triângulo rectângulo deve ser traçado no espaço físico real de um *site* de construção por meio de unidades físicas de comprimento; ver secção 3.4. Um triângulo rectângulo cujos lados medem 3 000 milímetros (mm), 3 000 mm e 4 242 mm (ver figura 18b) não é um triângulo rectângulo do ponto de vista matemático. Mas, na prática, haverá um triângulo que não seja rectângulo? As medidas efectuadas no quadro da topografia de construção apresentam uma precisão até $1-2$, na melhor das hipóteses. Por esta razão, um triângulo cujos lados medem 3 m, 3 m e 4,24 m é praticamente um triângulo rectângulo, e um triângulo cujos lados medem 3 m, 4 m e 5 m na prática apenas será um triângulo rectângulo caso tenha sido medido com uma precisão de centímetros. Para mais, as medidas dos lados de 3,000 m, 3,000 m et 4,244 m sugerem que esses lados foram medidos com uma precisão de milímetro, o que é irrealista.

3.2 Materialização de elementos geométricos

Utilização de marcadores de pontos

Há alguns pontos topográficos que devem servir de referência. Um ponto de referência horizontal é designado como ponto de controle (orientação ou de apoio). Uma indicação de altitude (cota de nível) é um ponto de referência que serve de controle vertical. Alguns pontos são utilizados para ambos estes tipos de referência. É importante poder facilmente identificar os pontos de referência e, por esta razão, eles devem ser indicados de maneira clara, precisa e permanente, por meio de um marco/monumento.

Existem numerosas maneiras de criar um marco durável, estável e acessível. Uma maneira muito simples consiste em gravar uma cruz num afloramento rochoso sólido. Caso não haja um afloramento rochoso poder-se-á 'criar' um marco através da utilização de vários materiais duráveis (resistentes), ver figura 19: um prego suficientemente comprido no material de revestimento de uma estrada, uma barra de metal numa rocha erodida, um tubo de ferro no solo firme ou um tubo de ferro fundido embutido num alicerce de betão, caso o solo seja mole.

O começo e o fim das linhas topográficas podem ser marcados temporariamente utilizando uma ripa de madeira, uma estaca, um barrote (Figura 20), uma cavilha de argola (Figura 21) ou uma baliza de referência (Figura 22).

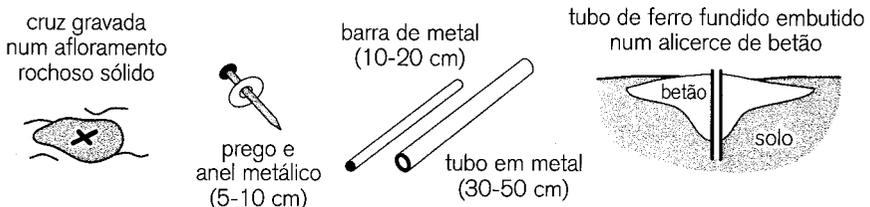
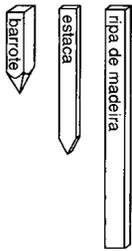


Figura 19: Os marcadores de pontos permanentes devem ser resistentes



Objectivo : marcar uma localização ou uma altura.

Material : ripa de madeira ; comprimento 20 a 50 cm ; corte transversal 2x3 à 5x5 cm; com ponta ou sem dependendo do objectivo e das características do solo.

Utilização : Devem ser fornecidos com ponta. Para serem colocados com um martelo de madeira. Mantenha-os na posição vertical !!

posição correcta



posição incorrecta



Figura 20: Marcadores de pontos em madeira

Objectivo : indicar pontos que foram estabelecidos ou que são usados durante medições de levantamento a cadeia (metro).

Material : fio de ferro galvanizado de 5-6 mm ; cerca de 30 cm de comprimento ; uma das extremidades flectida na forma duma argola (pintada em amarelo ou em vermelho), a outra é pontiaguda.

Utilização : em combinação com um metro de carpinteiro de 10-50 metros; ver a secção 3.3.

Dez cavilhas amarelas e uma vermelha são mantidas numa argola que pode ser aberta. Estas onze cavilhas medem (aos palmos) 10 vezes o comprimento da cadeia, ver as explicações na secção 3.3.

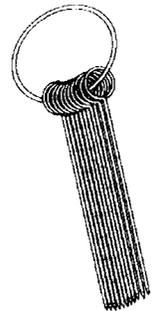


Figura 21: Cavilhas de argola mantidas juntas num aro

Utilização de balizas de referência e de miras/réguas de nivelamento para as linhas de mira

Caso as balizas de referência se encontrem devidamente posicionadas verticalmente (Figura 22), permitem o alinhamento de pontos no sentido horizontal. Para uma linha que apenas tem algumas dezenas de metros de comprimento, é suficiente colocar uma baliza de referência no início e outra no fim. Ao se juntar e alinhar estacas suplementares, é possível prolongar uma linha curta ou podem ser estabelecidos pontos intermediários, ver figura 23.

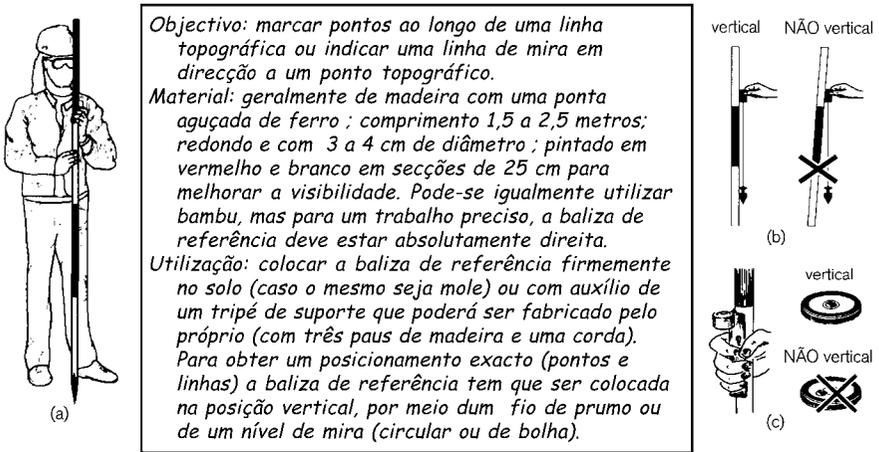


Figura 22: Posicionar a baliza de referência verticalmente (a) com ajuda de um fio de prumo (b) ou de uma mira de nivelamento (c)

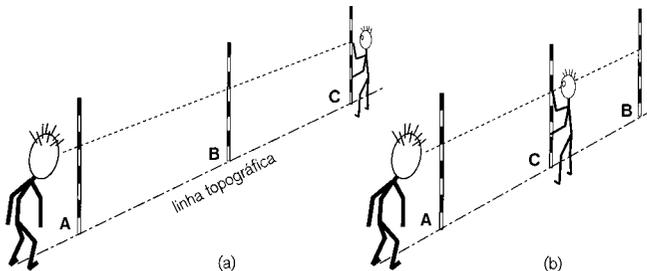
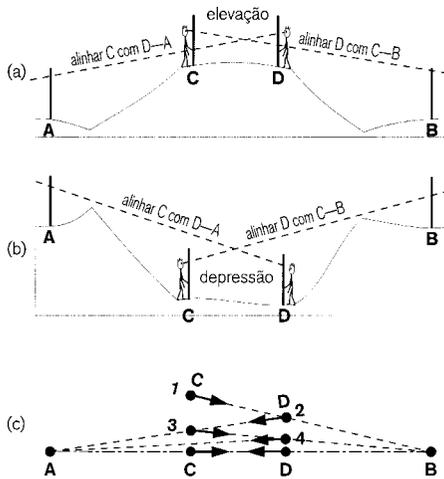


Figura 23: Alinhar pontos horizontalmente: (a) na extensão; (b) com um ponto intermédio



Etapa 1: seleccionar dois pontos (C e D) a partir dos quais as balizas de referência A e B ambas são visíveis; colocar as balizas de referência em C e D, alinhadas aproximadamente com A-B.

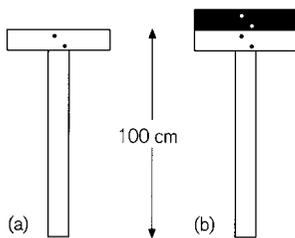
Etapa 2: vista de C para B; alinhar D como ilustrado na figura 23b (vista 1).

Etapa 3: vista de D para A; alinhar C da mesma maneira (vista 2).

Etapa 4: repetir novamente o ciclo dos dois alinhamentos (vistas 3 & 4). Continuar até que C-D-B estejam alinhados com D-C-A.

Figura 24: A linha de mira não pode ser observada completamente (a) através de uma elevação ou (b) para lá de uma depressão. Pontos intermédios determinados (c) através de um procedimento iterativo (visto de acima)

Quando se traça uma linha topográfica num terreno acidentado, a presença de uma elevação ou de uma depressão pode provocar uma falta de visibilidade de certos pontos da linha a partir de cada uma das extremidades. Nestes dois casos é possível alinhar os pontos intermediários através de um procedimento iterativo ilustrado na figura 24. Para alinhar pontos que se encontram ao longo de uma linha vertical, é necessário utilizar miras/réguas de nivelamento: figura 25 e figura 26.

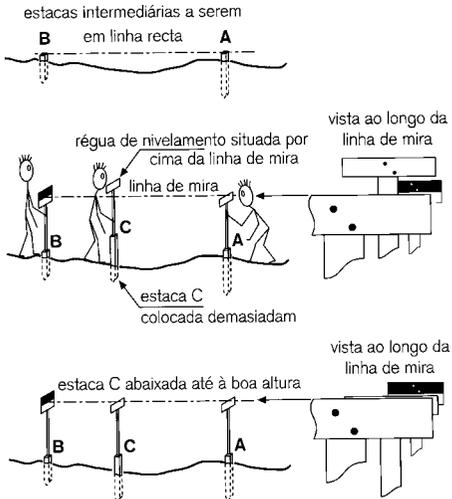


Objectivo: alinhar as cabeças das estacas espetadas verticalmente ao longo de uma linha horizontal ou em declive.

Material: pranchas de madeira pintadas de branco. A última (que se encontra na extremidade) prancha deve apresentar uma vareta transversal, duas vezes mais larga, em que uma metade está pintada de preto e a outra metade de branco.

Utilização: Seguros (mantidos erectos) com a mão (verticalmente)

Figura 25: Réguas de nivelamento: (a) de partida ou intermediária; (b) finais



Etapa 1: Colocar as estacas nas duas extremidades de uma linha, com as cabeças à(s) altura(s) desejada(s). Colocar estacas intermediárias devidamente alinhadas (Figura 23b) e espaçadas (Secção 3.4 - figura 33).

Etapa 2: Colocar as régua(s) de nivelamento nas pontas de início e do fim (mantidas cada qual por uma pessoa). Posicionar a régua do meio numa das estacas suplementares (terceira pessoa). A pessoa que se encontra junto da régua de nivelamento inicial visa a sua linha de mira mesmo acima da sua barra transversal, para a linha divisória entre a vareta metade branca e metade preta, que se encontra na extremidade final. A pessoa que segura a estaca C recebe instruções para a enterrar com mais profundidade no solo.

Etapa 3: Repetir as etapas 2 & 3 até que a altura da régua de nivelamento intermédia em C se encontre alinhada com a linha de mira.

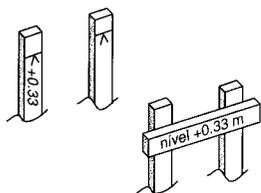
Figura 26: Alinhamento de uma estaca intermediária no sentido vertical por meio de miras/régua(s) de nivelamento

Utilização de tabuletas de referência para traçar linhas de construção

O procedimento utilizado para marcar um certo traçado num *site* de construção é tratado na Sec. 2.4. Antes de se proceder à marcação é preciso remover a camada superior do solo arável até que se atinja uma camada suficientemente sólida para suportar a construção sem a fazer abater demasiado. A posição dos cantos de um traçado é marcada sobre o solo de construção, escavado e amolecido e marcado com estacas, ver figura 9.

Convém marcar correctamente as fundações de uma construção tanto sobre um plano horizontal como sobre um plano vertical. Por tal razão as linhas de construção devem ser, ao mesmo tempo, traçadas e alinhadas horizontal e verticalmente. As tabuletas de referências (Figura 27 e figura 28) servem para criar linhas de construção situadas na posição vertical requerida, acima das estacas que marcam um traçado

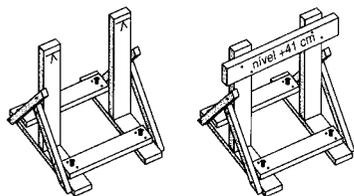
(horizontal), ver figura 29. A maneira de utilizar as tabuletas de referência na construção das fundações de tijolos é ilustrada na figura 30.



Cravar firmemente no solo duas estacas grossas, com um comprimento suficiente, em posições convenientes.

Pregar a tábua transversal horizontalmente a estas estacas no nível requerido, quer dizer a 0,33 m acima da altura do ponto de referência, ver as explicações da figura 30.

Figura 27: Construção de uma tabuleta de referência simples

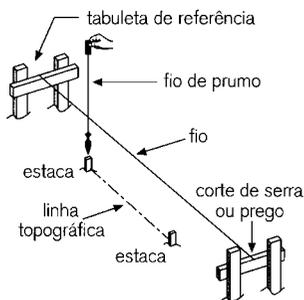


Montar verticalmente duas pranchas curtas sobre duas tábuas horizontais que sustentam e ligam as duas metades com as tábuas transversais.

É preciso fixar solidamente a tabuleta de referência no solo para que a mesma fique no lugar.

É utilizada da mesma maneira que uma tabuleta de referência simples.

Figura 28: Construção de uma tabuleta de referência reutilizável (para um solo firme ou rochoso)



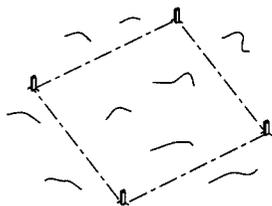
O fio tem que ser colocado verticalmente acima de uma linha topográfica marcada previamente pelas duas estacas.

Colocam-se duas tabuletas de referência. Duas pessoas mantêm um fio esticado sobre as duas barras transversais.

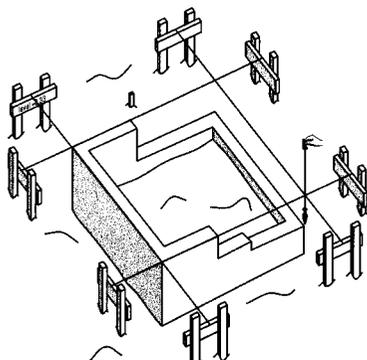
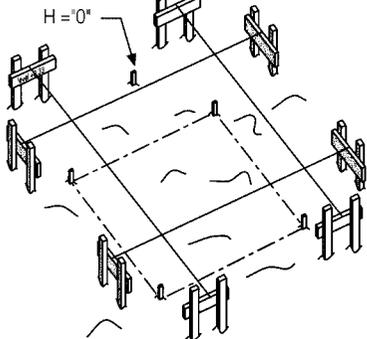
Uma terceira pessoa, verifica, com a ajuda de um fio de prumo se a linha esticada sobre as estacas se encontra na posição vertical. Estica-se firmemente o fio e fixa-se na posição correcta sobre a tábua transversal por intermédio de um prego.

Figura 29: Colocação de um fio sobre duas tabuletas de referência para a marcação de uma linha de construção

altura do ponto de referência
fixado a $H = 0^{\circ}$ →



nivelado a $H = + 41$
 H fixado a $41 - 8 = 33$



Etapa 1: Altura de referência
Coloque uma estaca com a cabeça a uma altura determinada. Este ponto servirá como ponto de referência da altura e é usado como referência para colocar as tábuas transversais das tabuletas de referência ao nível definido no plano como o ponto aonde se colocam as fundações.

Etapa 2: Linhas de construção
Colocar no lugar devido oito tabuletas de referência e fixar quatro cordeis perpendicularmente, por cima das estacas. Para assegurar que os quatro fios se encontram no mesmo plano horizontal, as quatro tabuletas de referência têm que estar exactamente ao mesmo nível.

No exemplo apresentado, as tábuas transversais devem ser colocadas 33 cm acima do nível da cabeça da estaca de referência. Utilizar um instrumento de nivelamento para estabelecer, em relação a cada tabuleta de referência a altura da cabeça de uma das estacas, em relação à altura de referência, ver o Capítulo 4. A diferença de altura deve ser superior aos 33 cm requeridos (41 cm por exemplo). Utilizar uma régua de carpinteiro para indicar a altura correcta na estaca da tabuleta de referência, a $41 - 33 \text{ cm} = 8 \text{ cm}$ abaixo da altura da cabeça da estaca.

Etapa 3: Alvenaria
Construir as fundações com tijolos até ao nível dos fios. Verificar regularmente a posição dos fios de prumo nos cantos.

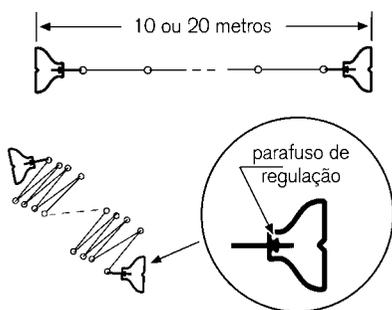
Figura 30: Utilização de tabuletas de referência e de linhas de fios para pousar e montar as fundações de tijolos.

As tabuletas de referência podem ser feitas a partir dos materiais à disposição. O nível ao qual as barras transversais das tabuletas de referência devem estar colocadas é determinado pela relação entre a altura do ponto de referência mais próximo, aplicando uma técnica de ‘nivelamento’. Estas técnicas são explicadas na secção e no capítulo 4.

3.3 Medição do comprimento ao longo de uma linha (‘levantamento a cadeia’)

Instrumentos de medição do comprimento

O termo ‘levantamento a cadeia’ utilizado em topografia faz referência à medida de comprimento utilizando uma cadeia métrica ou uma fita métrica. Uma verdadeira cadeia (Figura 31) é robusta mas pouco prática quanto à utilização devido ao seu peso, e para mais, não apresenta uma divisão em decímetros e centímetros.



Objectivo : na ausência de subdivisões exactas, permite, essencialmente, medir comprimentos inteiros (ou os seus múltiplos).

Material : elos de fio de aço temperado ; com cerca de 25 cm cada ; comprimento total de 10 ou 20 m ; colocar uma maçaneta ajustável de latão em cada extremidade para calibrar (aférir) o comprimento.

Utilização : com cavilhas de topografia que indicam os pontos iniciais e finais, na eventualidade que a distância de uma extremidade a outra da cadeia seja de vários comprimentos inteiros.

Figura 31: Cadeia de topografia, resistente mas pesada e não munida de graduações

O instrumento mais prático e mais seguro é uma fita métrica de aço enrolado numa bobina, ver figura 32. Os comprimentos também podem ser medidos com um instrumento óptico de topografia. Esta técnica, inerente à utilização de um instrumento de nivelamento, será apresentada no capítulo seguinte.

Não utilizar uma fita métrica em tecido ou em plástico. Estas destinam-se unicamente para uso interior, são pouco sólidas e podem deformar-se sob o efeito do calor.

Utilização de um metro de aço

Geralmente as fitas métricas de aço têm escalas de graduações em centímetros. As graduações em milímetros não apresentam nenhuma utilidade para um trabalho de topografia normal. A graduação pode começar em lugares inesperados da fita, ver figura 32c.

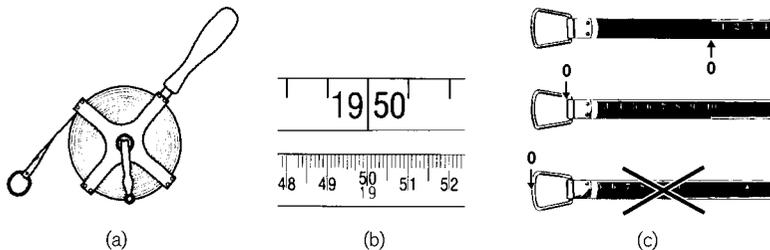


Figura 32: (a) As fitas de aço medem, geralmente, 30 m de comprimento. (b) As graduações e as inscrições podem variar. (c) A graduação pode começar em lugares inesperados! Onde está o zero?

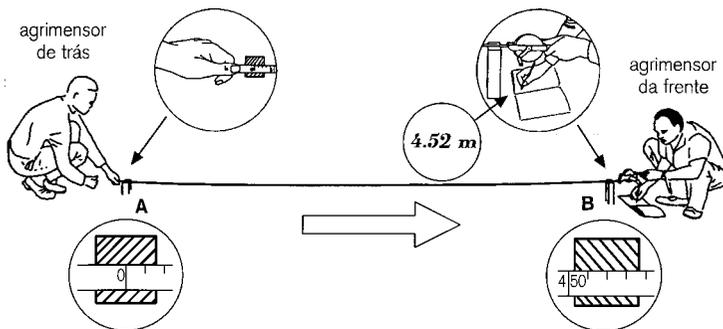


Figura 33: Medições com cadeia 'da' estaca A 'à' estaca B. A pessoa que está atrás mantém o 'zero na estaca', enquanto que a da frente anota as distâncias na estaca (4,52 m).

O método de levantamento a cadeia necessita da colaboração e comunicação entre duas pessoas: quem está atrás mantém o ‘zero’ e a da ‘frente’ lê e anota as medidas, ver figura 33.

Boa prática de levantamento a cadeia

- Conservar um alinhamento correcto, tanto horizontal como verticalmente (boa tensão) pois a distância mais curta entre dois pontos é a linha recta.
- Medir horizontalmente, porque os comprimentos representados num mapa ou num desenho indicam sempre as medidas horizontais. Caso estes dois últimos não sejam realizáveis, a medição de um comprimento ao longo de um declive que exceda alguns graus deve ser corrigida (‘reduzida’) para se obter o seu equivalente horizontal (parágrafo seguinte).
- Medir todos os comprimentos duas vezes (para a frente e para trás) a fim de se poder detectar eventuais erros; ver Sec. 2.5.
- Comunicar em voz alta; ver as instruções passo a passo apresentadas a seguir.

Medição de um comprimento superior ao comprimento da fita

Etapa 1. O agrimensor de trás (AT) segura a extremidade da cadeia no ponto de partida do comprimento marcado com uma baliza de referência. Indica a direcção ao agrimensor que se encontra à frente (AF) que vai do ponto inicial para o ponto final e limpa o terreno da ‘cadeia’. A fita desbobina-se à medida que vai andando. Quando o AF chega ao fim da fita, olha para o AT para alinhar-se. Neste momento pode proceder à marcação no solo do primeiro comprimento completo da fita (por exemplo 30 m).

Etapa 2. O AT segura a fita no seu ponto zero no solo e resiste à tensão aplicada pelo AF. Ele grita ‘marca’ quando o zero se encontra sobre a marca. Nesse momento o AF crava uma estaca no solo aonde se encontra a marca do fim da fita; liberta a tensão e grita ‘o seguinte’. O AF anda novamente, puxando a fita atrás dele. O AT segue o fim da cadeia e grita ‘cadeia’ quando se encontra próximo da estaca que acaba de ser cravada no solo.

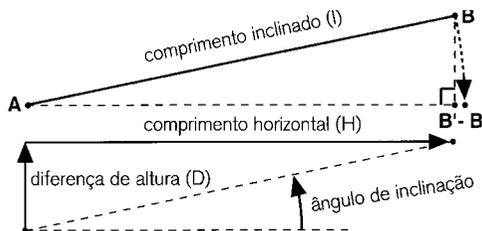
Etapa 3. O ciclo das etapas 1 e 2 repete-se até que o AF chega à marca do fim da linha e rebobina a fita. Quando o AT grita ‘cadeia’, o AF pára de rebobinar e segura a fita na marca zero aonde foi cravada a última estaca. O AF puxa a fita e quando o AT grita ‘marca’, ele lê a medida indicada pela fita, à altura da marca no solo, ver Fig. 3.20. Em seguida grita ‘Está bem’ para o AT, que abranda a tensão e anota a medida indicada, por exemplo, 4,52 m.

Etapa 4. O AT grita o número de estacas que ele recolheu, incluindo a último, por exemplo ‘três’. O AF verifica o número de estacas que ele ainda possui (que deverá ser onze menos três) e grita ‘está bem’ O comprimento total medido ao longo da linha é pois: $3 \times 30,00 \text{ m} + 4,52 \text{ m}$, o que equivale a 94,52 m.

Etapa 5. As etapas 1 a 4 devem ser repetidas no sentido inverso. O resultado da segunda cadeia não será, exactamente, de 94,52 mas, por exemplo, de 94,55; deste modo a média é de 94,54. A diferença não deve ultrapassar 1-2 cm por cada comprimento da fita. No exemplo apresentado a diferença terá que ser, ao máximo, de 5 cm, o que efectivamente é o caso (3 cm).

Redução de um comprimento inclinado a um comprimento horizontal

Um comprimento horizontal e um comprimento vertical (diferença de altura) formam lados de ângulos rectos num triângulo rectângulo. O comprimento do lado horizontal é sempre mais curto que do lado inclinado; ver Sec. 3.1 (Teorema de Pitágoras). É por tal que quando se medem os comprimentos horizontais é preciso que a fita se encontre bem mantida horizontalmente, o que apenas é possível quando se tratam de distâncias de 10 metros, ao máximo. Uma distância medida sobre uma superfície inclinada deve ser reduzida ao seu equivalente, ver figura 34. Contudo, a figura 35 indica que em relação a um ângulo com uma inclinação máxima de 2° , a redução requerida não excede 2 cm do comprimento da fita (3 000 cm). Mesmo quando se trata de uma inclinação de 10 % (ângulo com uma inclinação de $5,7^\circ$) a redução não ultrapassa os 15 cm de uma fita com um comprimento total de 30 m, o que implica uma diferença relativa de 0,5 %.



A diferença B'-B entre o comprimento em declive A-B e o comprimento horizontal equivalente A-B', depende do tamanho do ângulo de declive ou do gradiente. No que se refere a levantamentos topográficos de construção, o tamanho B'-B pode ser completamente negligenciado em relação a inclinações inferiores a 1:30 ou no que se refere a ângulos inferiores a 2°, ver a figura 35.

Figura 34: Um comprimento inclinado (I) deve ser reduzido a um comprimento horizontal (H) tomando em conta o declive ou o ângulo em inclinação.

grad.	D (cm)	H (cm)	I (cm)	ângulo
1:100	30	2999,9	3000	0,6°
1:50	60	2999,4	3000	1,1°
1:30	100	2998,3	3000	1,9°
1:20	150	2996	3000	2,9°
1:15	200	2993	3000	3,8°
1:10	298	2985	3000	5,7°

O comprimento inclinado (I) encontra-se fixado ao comprimento da fita métrica (30 m ou 3000 cm). Os valores para A expressam as diferenças de altura equivalentes em cm em relação aos gradientes/ângulos dados. A diferença de A menos D corresponde à redução a efectuar para que um comprimento inclinado seja equivalente a um comprimento horizontal.

Figura 35: Inclinações (expressas em relações D/H) e ângulos inclinados equivalentes.

3.4 Aplicação de ângulos rectos (90°) horizontais

Os ângulos rectos horizontais são muitas das vezes utilizados nos levantamentos topográficos com vista à construção porque podem ser traçados com instrumentos relativamente simples, como sejam:

- Uma fita métrica, que é o instrumento mais simples que garante uma construção precisa ou verificação dos ângulos rectos, ver figura 36 e figura 37.

- Um esquadro de agrimensor (construído pelo próprio) é um instrumento simples quanto à utilização mas que necessita de balizas de referência para facilitar o trabalho visado. Para além disso, os resultados são menos precisos.
- Um esquadro óptico, mais pequeno e mais leve e, portanto mais fácil de utilizar. Algo que se deve possuir.

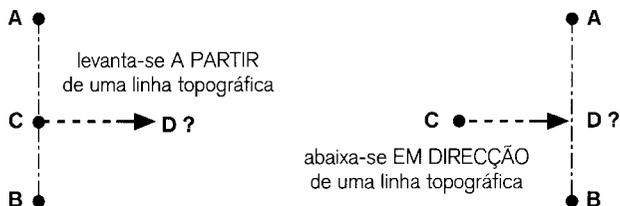


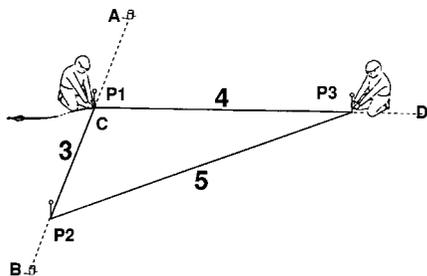
Figura 36: Duas maneiras de traçar uma linha perpendicular à linha topográfica

Existem dois métodos para se traçar uma linha perpendicular a uma linha topográfica, ver figura 28:

- Eregindo (levantando) a linha perpendicular a partir da linha até a um determinado ponto.
- Abaixando a linha perpendicular até à linha a partir de um ponto topográfico fora da linha.

Utilização de uma fita métrica

Segundo o teorema de Pitágoras (Sec.3.1), um triângulo que apresenta uma proporção de 3:4:5 entre os seus lados, exibe um ângulo recto na junção dos seus lados, com uma proporção de comprimento de 3:4. Esta lei geométrica pode ser aplicada ao traçado de uma perpendicular a partir de uma linha topográfica, utilizando uma fita métrica. Utilizam-se quatro marcas de comprimento para indicar três partes sucessivas que apresentam uma proporção de comprimento de, precisamente, 3:5:4. Pode-se tratar, por exemplo, de marcas de 0, 3, 8 e 12 metros, ou de 0, 6, 16 e 24 metros. É possível aplicar este método 3-4-5 com duas pessoas, tal como está indicado na figura 37, mas é mais prático aplicá-lo com três pessoas, uma a cada canto.



Colocar a cavilha P1 na linha AB e C, aonde se tem que levantar uma perpendicular.

Colocar a cavilha P2 na linha AB, a 3 metros de C.

Um dos agrimensores segura a fita métrica e mantém-na tanto no seu início (0.00) como na marcação de 12 metros, junto da cavilha P1.

O outro agrimensor enrola a fita métrica à volta da estaca P2, e estica-a utilizando a estaca P3. Coloca a estaca P3 à altura de 8 metros.

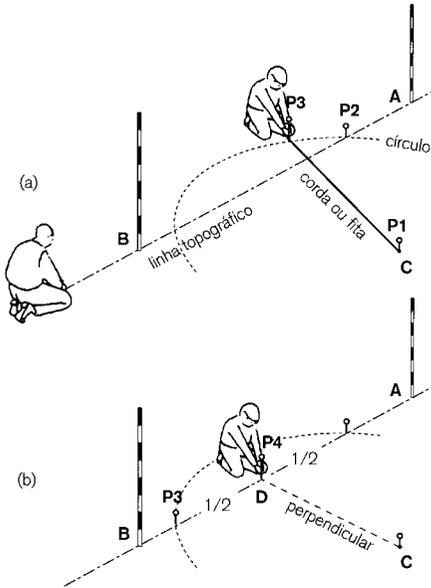
A linha que passa por P1 e P3 indica a direcção perpendicular para D. Prolongar a perpendicular para além de P3 e colocar o ponto D no comprimento pretendido de C.

Figura 37: Ereção de uma linha perpendicular a partir do ponto C na linha topográfica AB construindo-se um triângulo rectângulo que satisfaz a regra 3:4:5

O método de 3-4-5 não se adapta muito ao traçado de perpendicular para uma linha topográfica, a partir de um ponto situado fora desta linha. O método a utilizar, neste caso, encontra-se baseado no traçado de um triângulo isósceles, cuja base se encontra dividida em partes iguais, ver figura 38. A linha que parte do cimo até ao meio da base é a perpendicular requerida. Para aplicar este método é preciso trabalhar-se com duas pessoas.

Utilização de um esquadro de agrimensor a ser fabricado pelo próprio

Basicamente, um esquadro de agrimensor a ser fabricado pelo próprio materializa duas linhas de mira que são perpendiculares uma à outra, ver figura 39a. Visando através do visor de um esquadro de agrimensor é idêntico a visar através do visor de uma arma de fogo. Os visores de um esquadro de agrimensor podem ser fabricados através da colocação de dois pregos normais. Espeta-se um prego de 3 mm numa prancha de madeira, na extremidade de uma linha de mira; colocam-se outros dois pregos, na outra extremidade a uma curta distância um do outro.



Fixar a fita métrica no ponto C usando a cavilha P1.
 Colocar uma segunda cavilha - P2 - sobre a linha topográfica AB. É necessário contar com um ajudante para alinhar P2 com AB.
 Esticar a fita métrica entre C e P2.
 Apanhar uma terceira cavilha e segurá-la conjuntamente com a fita entre o polegar e o indicador no ponto P2.
 Manter a fita ou o cordel bem esticado e descrever um círculo de P2 até ao ponto de intersecção do círculo com a linha topográfica (a ser indicada pelo ajudante). Colocar uma terceira cavilha - P3 - nesse ponto, na linha AB.
 Medir o comprimento entre P2 e P3, e colocar a cavilha P4 no ponto D, situado exactamente a meio caminho entre P2 e P3. É o pé da perpendicular de C a AB.

Figura 38: Abaixamento de uma linha perpendicular a partir do ponto C para a linha topográfica AB construindo (a) um triângulo isósceles no cimo de C e (b) dividindo a sua base em duas partes iguais

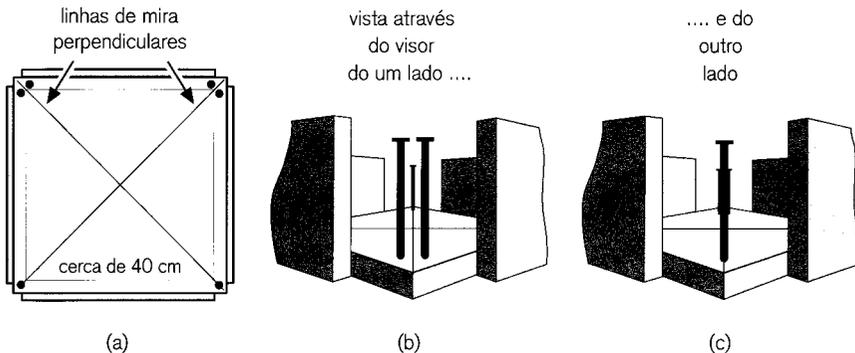


Figura 39: Esquadro de agrimensor a ser fabricado pelo próprio (a) e visto através dos visores de cada lado (b) e (c).

A fim de permitir visar de uma maneira estável, é necessário que o esquadro de agrimensor se encontre centrado e fixado com um prego sólido ou com um parafuso, perpendicularmente a uma vara de madeira direita. O comprimento desta vara tem que ser de molde a que a linha de mira se encontre a uma altura conveniente. Terá que ser mantida na posição vertical, como uma baliza de referência (ver Sec. 3.1), sobre o ponto aonde se vai construir um ângulo recto; ver a figura 22.

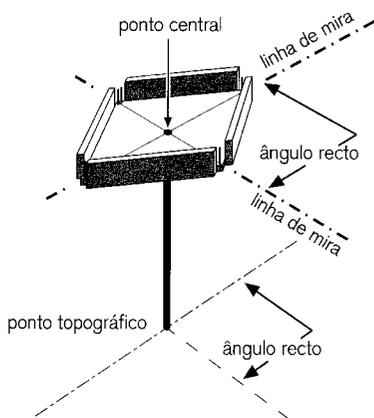


Figura 40: Esquadro de agrimensor colocado perpendicularmente sobre um estaca acima de um ponto topográfico

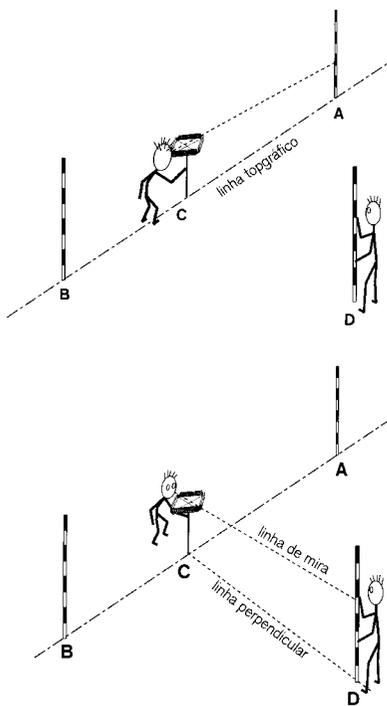
De notar que o visor deve permitir visar de cada lado, ver figura 39b & c. Para impedir que os pregos utilizados como visor, se deformem, é preciso colocar bordos erguidos sobre os lados da prancha, utilizando, por exemplo, ripas de madeira.

O ponto mais importante da construção de um esquadro de agrimensor é de colocar os dois visores exactamente em ângulos rectos, um em relação ao outro. O melhor método para conseguir isso é de traçar diagonais num quadrado **muito preciso** com cerca de 40 centímetros de lado, ver figura 39a.

Como proceder para traçar uma linha perpendicular para cima a partir de uma linha de topografia, por meio de um esquadro de agrimensor encontra-se ilustrado e explicado na figura 41. Para tal necessita-se de duas pessoas, uma que manipula o esquadro e indica à outra onde marcar o fim da perpendicular.

Duas precauções a tomar ao utilizar um esquadro de agrimensor:

- (1) manter a vara de apoio na vertical. Utilizar um nível esférico de centro de alvo (Figura 22).
- (2) evitar que o esquadro rode quando se muda a linha de mira.



1. Colocar o esquadro na linha topográfica A-B na posição C, onde se tem que erguer a perpendicular.
2. Visar um lado do esquadro na direcção da baliza de referência A. Olhar através desse mesmo lado na direcção oposta para a baliza de referência B, para verificar se C se encontra, realmente, na linha A-B. Se tal não for o caso, verificar de novo o alinhamento A-C-B.
3. Um ajudante coloca uma terceira baliza de referência no comprimento pretendido do ponto C. Utilizar uma fita métrica para determinar este comprimento. (Sec. 3.2)
4. Mudar a vista para o segundo lado, mantendo o esquadro na mesma posição. Não rodar o esquadro.
5. Olhar através do segundo lado e instruir o ajudante para colocar a baliza de referência para a esquerda ou para a direita até que se encontre exactamente na linha de mira.
6. Voltar, de novo, e verificar se o esquadro ainda se encontra bem colocado no ponto A ou B. Se este não for o caso, repetir as etapas 2-6.
7. Colocar a baliza de referência e verificar o comprimento de C a D. Utilizar uma cavilha ou uma estaca para marcar o ponto D.

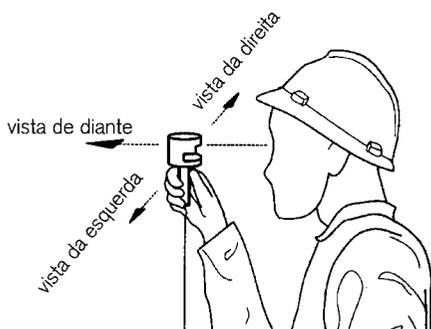
Figura 41: Traçar uma perpendicular para cima a partir de uma linha topográfica A-B, por meio de um esquadro de agrimensor

Para se traçar uma linha perpendicular, para baixo, sobre a linha de topografia procede-se da mesma maneira que para traçar uma perpendicular para cima. Neste caso, contudo, coloca-se a baliza de referência na posição D a partir da qual a perpendicular deverá ser traçada para baixo. Seguidamente, o esquadro deverá ser colocado na posição correcta em C sobre a linha A-B. Embora nesta situação o esquadro também possa ser manuseado por apenas uma pessoa, como está ilustrado na figura 41, é muito mais fácil dispor de um assistente que se encontra atrás da baliza de referência A (ou B) que ajuda o agrimensor a manter o apoio do esquadro alinhado com A-B.

Logo que o esquadro esteja posicionado sobre a linha A-B, o agrimensor visa um determinado ponto na baliza de referência A (ou B), depois olha através do outro visor na direcção da baliza de referência D. De acordo com o que observou, ele muda o esquadro para a direita ou para a esquerda (sem o fazer rodar) ao longo da linha A-B, até que o seu visor aponte exactamente na direcção da baliza de referência D (O ajudante ajuda-o a conservar o apoio no alinhamento AB). Reveste-se de grande importância que o topógrafo verifique constantemente se o primeiro visor continua a visar a direcção da baliza de referência A (ou B).

Utilização de um esquadro óptico em vez de um esquadro de agrimensor

É mais fácil traçar linhas perpendiculares para cima e para baixo com a ajuda de um esquadro óptico. Procede-se da mesma maneira que com um esquadro de agrimensor com a diferença que com um esquadro óptico não se necessita de estaca de suporte porque é mais pequeno e mais leve. Para se poder utilizar de maneira rápida e precisa, é necessário para tal ter recebido uma formação.



Um esquadro óptico permite ter duas vistas alinhadas (ângulo de 180°) com uma única olhada : uma para a esquerda e outra para a direita. Simultaneamente oferece uma terceira vista perpendicular (90°) às vistas alinhadas à esquerda e à direita.

Figura 42: Olhando através de um esquadro óptico. O agrimensor pode olhar, simultaneamente, em três direcções horizontais.

Um esquadro óptico compõe-se, basicamente, de dois pequenos prismas, o que permite ver para além de um ângulo de 90°. Um dos prismas está direccionado para a direita e o outro para a esquerda. Daí que permita ao agrimensor de olhar ao longo das duas linhas perpendicula-

res de uma só vez, ver a figura 42. Utiliza-se um fio de prumo para posicionar o esquadro óptico perpendicularmente, acima de uma linha ou de um ponto, ver figura 43.

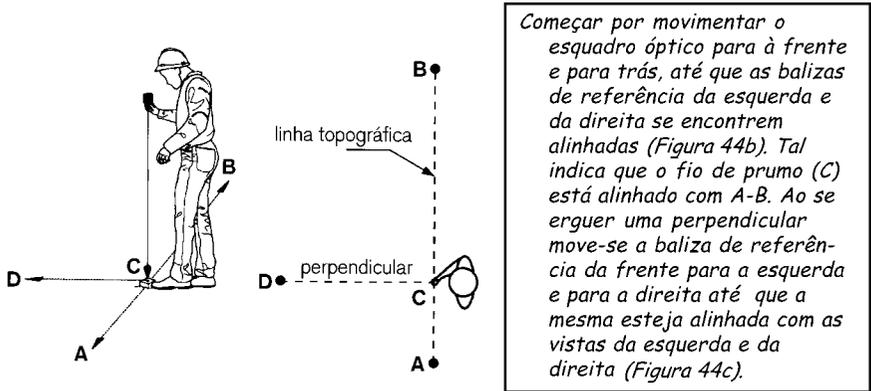


Figura 43: A posição horizontal do esquadro óptico acima da superfície é indicada por meio de um fio de prumo

O traçado de uma linha perpendicular para baixo, sobre a linha de topografia pode ser efectuada por uma única pessoa. Em contrapartida uma perpendicular para cima requer, sempre, a presença de um ajudante. No último caso, o agrimensor mantém o fio de prumo do esquadro óptico acima do ponto situado sobre a linha de topografia a partir da qual a perpendicular deve ser erigida. Em seguida, pede ao seu ajudante para mover a baliza de referência dianteira, para a direita ou para a esquerda.

Precisão dos ângulos rectos

Em todos os casos, traçam-se ângulos rectos em relação a uma linha topográfica existente. Na ausência de um instrumento óptico as balizas de referência podem ser alinhadas até uma distância máxima de 100 m, com uma precisão de cerca de 2 cm por 30 m, perpendicularmente à linha de mira. Podem-se traçar ângulos rectos por meio de uam fita métrica (método 3-4-5), com uma precisão comparável à do método de levantamento a cadeia (1-2 cm por 30 m). Com um esquadro óptico, as balizas de referências utilizadas como visor devem permanecer dentro de um perímetro de 30 m. Comparativamente ao mé-

todo 3-4-5, a precisão é ligeiramente inferior (2-3 cm por 30 m), mas a utilização do esquadro óptico é mais flexível. A precisão oferecida por um esquadro de agrimensor, construído pelo próprio, depende, em grande medida, da sua construção. Caso tenha sido construído minuciosa e rigorosamente, os resultados obtidos apresentam uma precisão comparável à do esquadro óptico.

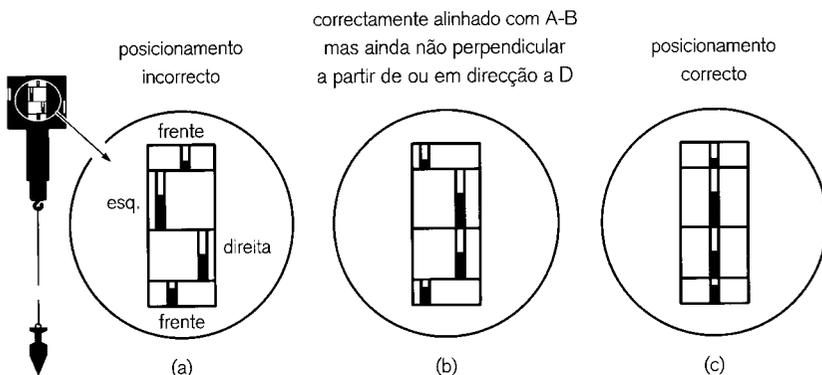


Figura 44: Vista através de um esquadro óptico. (a) O fio de prumo não está enquadrado dentro do alinhamento das balizas de referência que marcam a linha de topografia. (b) O fio de prumo encontra-se dentro do alinhamento da linha de topografia, mas a baliza de referência de diante ainda não está colocada perpendicularmente (para cima), ou o fio de prumo não se encontra ainda acima do pé da perpendicular (para baixo). (c) Tanto o fio de prumo como a baliza de referência encontram-se ambos correctamente posicionados (alinhados e perpendicular).

3.5 Medição de ângulos não-rectos num plano horizontal

A utilização dum instrumento simples coloca problemas de precisão

Um aspecto importante da medição dos ângulos é a precisão relativa. Um erro com um ângulo resulta num deslocamento lateral em relação à direcção medida o que aumentará proporcionalmente com a distân-

cia. Por exemplo, um erro de um grau leva a um deslocamento lateral de 1,75 por cento, ou seja 1,75 cm por metro. A uma distância de 100 metros o erro será de 1,75 metro. Mesmo a uma distância de, apenas, 10 m, o erro é de 17,5 cm, o que é demasiadamente elevado se se compara com as exigências de 1 a 2 cm por 30 m estabelecidas para o método de levantamento a cadeia, no fim da Secção 3.3.

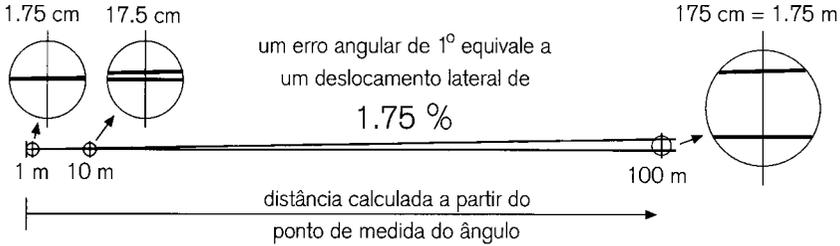


Figura 45: Um erro angular de, apenas, 1° provoca um deslocamento lateral igual a 1,75% da distância calculada a partir do ponto em que o ângulo é medido

Utilização de uma bússola

Aquando da utilização de uma bússola, o Pólo Norte Magnético serve como uma direcção de referência ‘incorporada’ permanente. O ângulo horizontal no sentido anti-horário, situado entre o norte (azimute) e a direcção visada, lê-se por meio de uma bússola de 360° , ver Sec. 3.1, figura 16. Infelizmente, as tempestades magnéticas podem causar variações temporárias na ordem de 1° em relação à direcção do norte magnético real. Os pontos de atracção magnética locais tais como sejam carros, pontes de ferro ou cabos de alta tensão existentes na proximidade, podem causar desvios suplementares. Por tal razão, a medição de ângulos medidos com a ajuda de uma bússola deve ser considerada com circunspecção.

Bússola simples de longas caminhadas

O tipo de bússola aqui tratado é o que se utiliza geralmente quando se vai dar um passeio mais longo. O seu visor é muito simples e a graduação circular é, no máximo, de um grau (ver figura 46a). Tal explica por que uma bússola deste tipo não é, de modo nenhum, adequada

para medições angulares precisas. A agulha magnética roda sobre um quadrante (mostrador) que pode ser rodado à mão. Bússolas mais precisas (e mais caras!) encontram-se munidas de um quadrante cuja escala graduada se encontra integrada com a agulha magnética o que faz com que não seja necessário girar o quadrante à mão.

Devido à sua limitada precisão, a bússola magnética apenas deve ser utilizada para a avaliação de direcção de uma só linha de referência. Pode-se tratar, por exemplo, de uma linha de basenecessária ao estabelecimento de um plano de construção num *site*; trataremos deste assunto a seguir.

Medição de ângulos azimutais com uma bússola magnética

Quando é utilizada para levantamentos topográficos, a bússola é posta num suporte semelhante a um esquadro de agrimensor mesmo quando o instrumento foi concebido para ser mantido na mão. O visor da bússola deve estar direccionado para o ponto no qual o ângulo azimutal deve ser determinado (Figura 46b). Um espelho situado acima do quadrante da bússola e colocado a 45° , permite obter uma vista simultânea através do visor e no quadrante (não indicado na figura 46a).

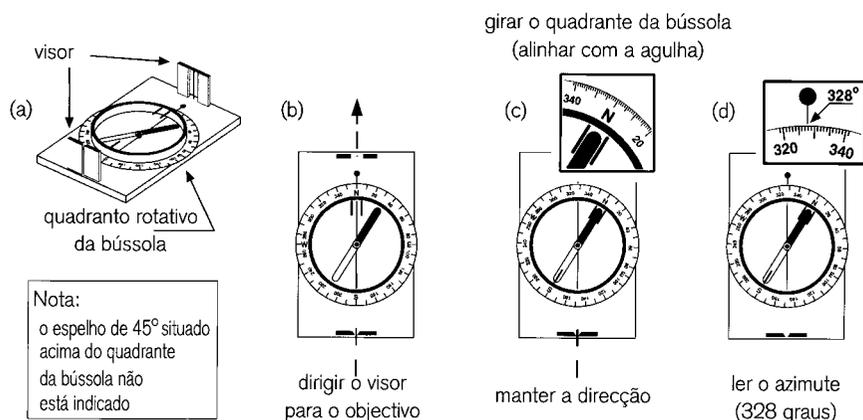


Figura 46: Visando e lendo uma bússola de passeios longos. A explicação é dada no texto que se segue

Tem que se girar o quadrante até que as marcas do Norte e do Sul coincidam com as direcções indicadas pelas extremidades dos ponteiros, conservando sempre o visor na direcção pretendida. Pode-se ler o ângulo assim que o quadrante se encontre na posição correcta, (Figura 46c), por exemplo, 328° (Figura 46d).

Se se pretende elaborar um mapa, convém determinar o ângulo entre a linha de base e uma outra linha, fisicamente evidente, por exemplo a linha central de um canal ou de uma estrada. Neste caso devem estabelecer-se ângulos azimutais para ambas as direcções. A figura 47 mostra disso um exemplo.

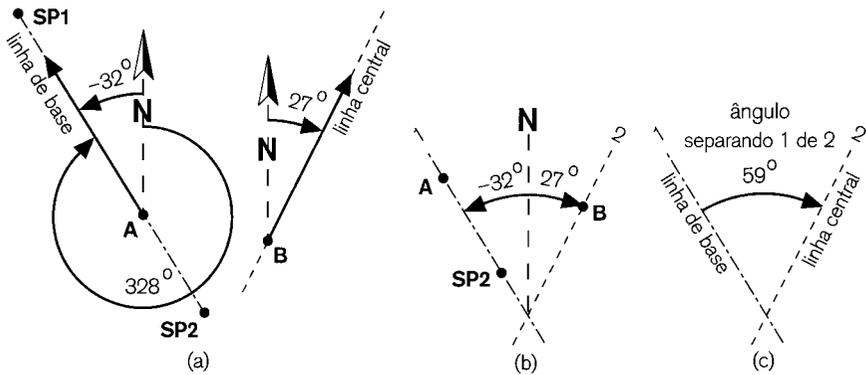


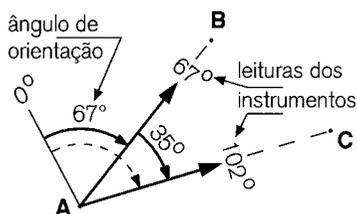
Figura 47: Determinação do ângulo que separa uma linha de base de uma linha central, medindo as suas posições em relação ao Norte, nos pontos A e B, por meio de uma bússola; ver texto

Os ângulos azimutais são medidos algures sobre um ponto da linha de base (em A) e algures sobre um ponto da linha central (em B), ver figura 47a. O ângulo azimutal medido no sentido dos ponteiros do relógio, a partir do Norte e em direcção à base é de 328°; daí que o ângulo medido no sentido contrário aos ponteiros do relógio seja de -32° (328° menos um círculo completo de 360°), ver figura 47b. O ângulo que vai da base até a linha central é igual a: $+27° - (-32°) = 27° + 32° = 59°$.

Utilização de um instrumento de agrimensura

Como já mencionámos, os instrumentos ópticos de agrimensura não se inserem no âmbito deste Agrodok, à excepção dos instrumentos de nivelamento que serão abordados no capítulo 4. Alguns instrumentos de nivelamento, embora não sejam todos, são fornecidos com um círculo horizontal o que permite realizar medições angulares aproximativas. Alguns apresentam uma graduação de $0,1^\circ$, o que permite medir um ângulo com uma precisão maior que a que se pode obter com uma bússola para passeio, de boa qualidade.

Um instrumento de nivelamento não comporta uma bússola, faltando-lhe, pois, um elemento de indicação da direcção. Para mais, todos os instrumentos se encontram fixados a um tripé, sem haver qualquer referência exterior para o zero (0°) do círculo horizontal. Este 0° indica uma direcção completamente arbitrária, o que constitui uma característica inerente a quase todos os instrumentos de agrimensura que permitem a medição de ângulos. Isto não causa um problema na medida que a leitura efectuada pelo instrumento para uma direcção medida pode ser usada como direcção de referência para todas as outras direcções medidas, ver figura 48. A uma tal direcção de referência chama-se 'mira traseira' e o seu valor angular a partir de 'zéro' constitui o ângulo de orientação.



Se a direcção A-B serve de direcção de referência, o ângulo compreendido entre A-B e A-C é obtido calculando-se a diferença entre as leituras dos instrumentos para estas direcções : $102^\circ - 67^\circ = 35^\circ$

Figura 48: Medição de ângulos sobre um plano horizontal, com um instrumento de topografia. Escolhe-se uma direcção que serve de referência, a fim de se determinar os ângulos nas outras direcções

3.6 Aplicação de ângulos rectos (90°) verticais (num sentido vertical)

Em relação a todos os ângulos verticais (num plano vertical), qualquer que sejam e não apenas os rectos, é o fio de prumo que serve de direcção de referência. Os planos de nível são perpendiculares ao fio de prumo, como explicámos na Sec. 3.1. Os ângulos rectos no sentido vertical são enormemente utilizados na construção de edifícios, escolas, pontes ou barragens. Os solos têm que estar nivelados e as paredes têm que ser erigidas na vertical. Para se conseguir isso, os carpinteiros utilizam um instrumento chamado ‘nível’. Este instrumento sempre foi usado desde a noite dos tempos.

Para obter a direcção de referência, todos os níveis de carpinteiro se baseiam em dois métodos:

- por meio de um líquido, quer seja num recipiente aberto (raro nos nossos dias) ou fechado com uma bolha de ar, que é o sistema utilizado nos níveis modernos
- por meio de um fio de prumo. Este método que é utilizado desde a Antiguidade é conhecido como armação em A ou cavalete

Neste Agrodok abordaremos tanto o nível de carpinteiro como o da armação em A. Os níveis de carpinteiro NÃO podem ser utilizados para um nivelamento preciso em distâncias de várias dezenas de metros, o que é indispensável no âmbito da realização da maioria das estruturas hidráulicas. A questão da obtenção de um nivelamento preciso através de um instrumento de nivelamento é tratada no capítulo 4.

Precisão angular dos níveis

Tanto um nível moderno de carpinteiro como uma armação em A rigidamente construída, podem ambos ser colocados numa posição horizontal (ou vertical) oferecendo uma precisão de cerca de alguns milímetros por cada metro de comprimento (appr. 0,1 grau). Este tipo de nível não permite um nivelamento preciso a distâncias que excedem alguns metros.

Utilização de um nível moderno de carpinteiro

Um nível moderno de carpinteiro é fabricado a partir de um perfil rígido de alumínio, previsto de, pelo menos, duas ampolas tubulares, uma para ser utilizada quando o nível se encontra na posição horizontal e a outra quando está na posição vertical, ver figura 49. Estes níveis podem ter um comprimento que varia entre alguns decímetros até alguns metros. Os mais compridos comportam várias ampolas horizontais e verticais.

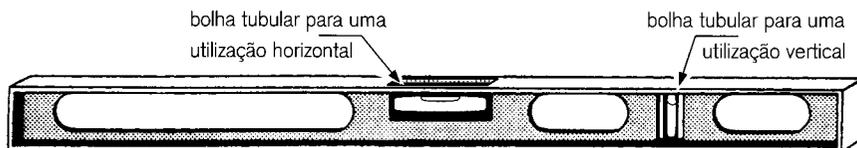


Figura 49: Os níveis modernos de carpinteiro comportam duas ampolas, uma para utilização na posição horizontal e outra na posição vertical. As suas dimensões podem variar entre alguns decímetros até alguns metros

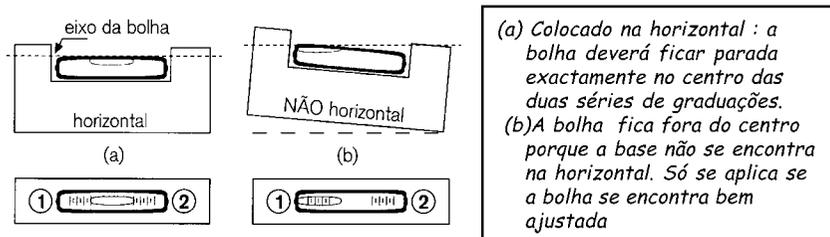
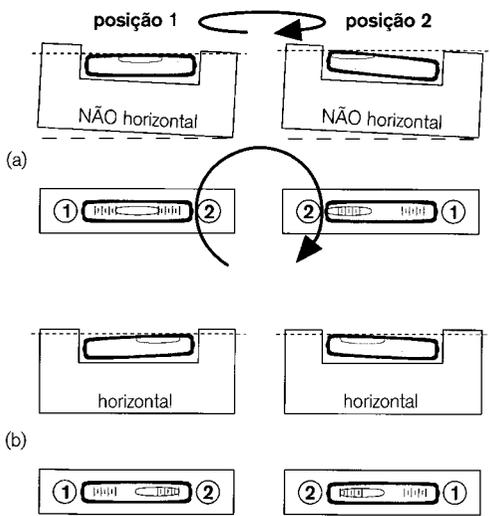


Figura 50: Nível em que a bolha se encontra correctamente alinhada

O eixo de uma ampola tubular indica um plano de nível. Se a bolha se encontra no centro (indicado por uma escala graduada), o nível está exactamente na posição horizontal (ou vertical), ver figura 50a. Deste modo, se a bolha não se encontra no centro, a bússola não está na posição horizontal ou vertical (Figura 50b). Este princípio não é aplicável se a bolha se encontra correctamente alinhada no eixo longitudinal do nível (ou na sua perpendicular). Por isso, um nível tem sempre que ser usado em duas posições opostas.



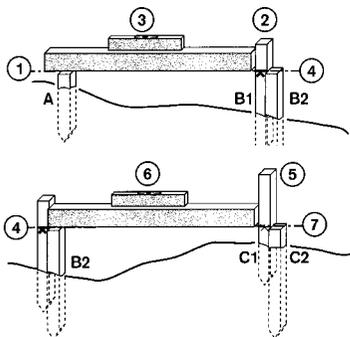
Para verificar o alinhamento da bolha :

1. Colocar o nível sobre uma superfície ou sobre uma viga de madeira que possa ser inclinada. Incliná-la até que a bolha apareça na posição central, indicada na graduação.
2. Rodar o nível na posição posta. Caso a bolha não volte para a sua posição centrada quer dizer que o seu eixo não se encontra alinhado com o eixo longitudinal do nível.

Utilização de uma bolha mal alinhada :

Incliná-la sobre a superfície sobre a qual se encontra colocado o nível até que a bolha volte exactamente à mesma graduação nas duas posições inversas do nível.

Figura 51: (a) Métodos de verificação do alinhamento correcto da bolha. (b) Método que permite utilizar correctamente um nível cuja bolha está mal alinhada.



1. Colocar a estaca A à altura pretendida.
2. Utilizar uma viga para colocar a estaca B1 a uma distância da estaca que é ligeiramente inferior ao comprimento da viga. Colocar a estaca B1 a uma altura superior à da estaca A.
3. Manter a viga à altura pretendida por meio do uso de um nível. Fazer uma marca na estaca B1 para indicar a altura correcta.
4. Espetar a estaca B2 na altura indicada na estaca B1.
- 5-7 Repetir as etapas 2-4. Colocar a estaca C2 à mesma altura que as estacas A e B2.

Figura 52: Utilização de uma viga rectilínea e de um nível de carpinteiro para colocar no solo estacas sucessivas de modo que as suas cabeças estejam à mesma altura

A utilização do nível em duas direcções opostas permite verificar o alinhamento da bolha, ver ilustração e explicação da figura 51a. Este método permite, sobretudo, utilizar um nível correctamente, se a bolha se encontra mal alinhada, ver figura 51b. Alguns níveis permitem corrigir o alinhamento da bolha, mas estes modelos não são baratos.

Posicionar estacas ou vigas a alturas iguais

Utilizando-se uma viga de três metros de comprimento, é possível colocar as estacas ou tabuletas de referência ao mesmo nível. A viga deve ser completamente direita e rígida. A sua espessura não deve ser superior em alguns milímetros ao seu comprimento. Como se deve proceder à sua colocação será explicado na figura 52, e também pode ser utilizado para um ângulo de inclinação, ver Sec 3.7.

Atenção: é melhor que as duas varas estejam bem fixadas através de pregos que simplesmente atadas como mostra a figura

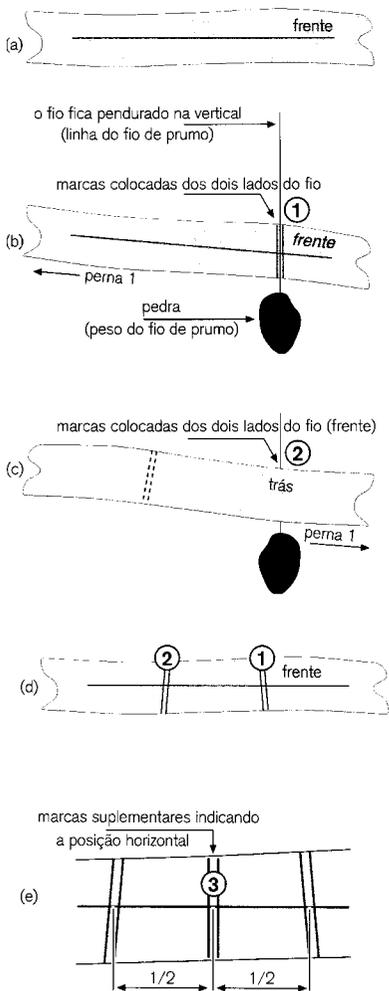


1. As duas pernas (varas oblíquas) e a barra transversal devem ser feitas de um material leve mas suficientemente rígido para que o quadro não se deforme. As três juntas que ligam os três elementos devem estar completamente imóveis. As varas podem ser atadas uma às outras com corda mas é necessário utilizar também pregos ou parafusos para que as juntas não estejam frouxas.
2. O fio deve ser fino, de espessura regular e maleável. Pode-se muito bem utilizar uma pedra para fabricar um fio de prumo mas esta deverá ser suficientemente pesada para manter o fio bem esticado.
3. Colocar uma marca de nível na barra transversal segundo o procedimento do alinhamento na figura 54.

Figura 53: Construção de um nível clássico de carpinteiro, apelidado igualmente de armação em A

Utilização de uma armação em A (nível clássico de carpinteiro)

A construção de um nível clássico de carpinteiro esclarece o seu nome. Pode ser construído facilmente, de maneira artesanal, mas é necessário satisfazer algumas condições básicas de construção, ver figura 53.



1. Desenhar uma linha recta num pedaço de cartolina e fixar este pedaço de cartolina no meio da barra transversal, ver (a)
2. Colocar a armação em A sobre uma superfície plana, mais ou menos horizontal.
3. Quando o fio de prumo se encontrar imobilizado, desenhar uma marca na cartolina, de cada lado do fio, ver (b).
4. Rodar a armação em A na posição inversa, de modo a que as pernas se encontrem, outra vez, na mesma posição.
5. Repetir a etapa 3, ver (c). Agora há duas séries de marcas no pedaço de cartolina; ver (d).
6. Colocar a armação A deitada no solo. Utilizar uma régua ou um par de compassos para dividir a distância entre as duas séries de marcas exactamente em duas partes iguais; ver (e).
7. Colocar a armação em A sobre uma superfície plana ou sobre uma viga que se possa inclinar progressivamente. Incliná-la até que o fio se encontre na posição central marcada no cartão.
8. Rodar a armação em A na posição inversa. Caso o fio não voltar à posição central, repetir as etapas 2-8 até que o fio se encontre centrado, na etapa 8.

Figura 54: Como proceder ao alinhamento permitindo determinar a marca sobre o nível da armação em A

O fio de prumo substitui a bolha para fornecer a direcção vertical de referência. Apesar de terem uma aparência muito diferente, a armação em A serve o mesmo objectivo e da mesma maneira que um nível moderno de carpinteiro, mas a sua utilização restringe-se a um nivela-

mento horizontal. Por outro lado, o fio de prumo permite igualmente utilizar a armação em A como um clinómetro (Sec. 3.7).

Traçar curvas de nível com uma armação em A

Podemos servir-nos de uma armação em A grande, com uma base de cerca de 2 metros, para traçar linhas niveladas (curvas de nível) num terreno. Visto que este método é pouco preciso, é melhor limitar o comprimento traçado a algumas centenas de metros. De qualquer maneira, recomendamos vivamente delinear uma série de pontos de curvas de nível sobre um determinado ponto que também se encontra à altura requerida. Os pontos de referência podem ser estabelecidos com a ajuda de um clinómetro (Sec. 3.7).

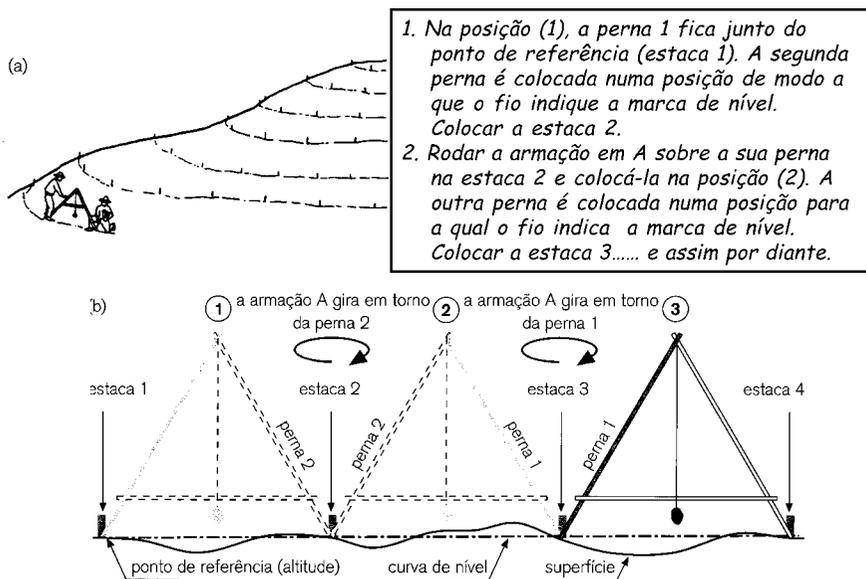


Figura 55: (a) Determinar as curvas de nível com o auxílio de uma armação em A. (b) Rotação da armação

Cada curva de nível inicia-se a um ponto que se encontra traçado à altura requerida para essa curva (ponto de referência de indicação de altitude), ver figura 55. Esta a razão porque as primeiras estacas de-

vem ser espetadas na direcção da inclinação para indicar as posições nas quais as curvas de nível deverão começar ou terminar. Entre as possíveis aplicações encontram-se, por exemplo, a construção de terraços ou de pequenos canais de regadio.

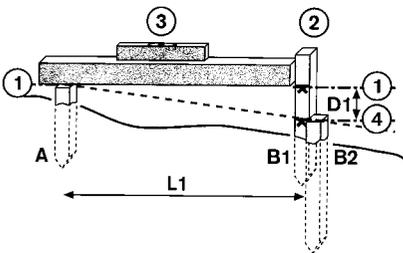
A rotação da armação A anula um erro eventual de mau alinhamento da marca de nível, após cada duas posições sucessivas. Daí que quando se roda ao longo de um contorno de uma posição para outra, é preferível rodá-lo que virá-lo.

3.7 Medição dos ângulos de inclinação

No final da secção 3.3, apresentámos duas unidades que permitem expressar o grau de inclinação: gradiente e ângulo de inclinação. Os gradientes podem ser estabelecidos por meio de um nível e uma viga, da mesma maneira que uma linha de nível, ver Sec. 3.6. O clinómetro encontra-se especificamente concebido para medir (ou estabelecer) os ângulos de inclinação e os gradientes, numa extensão superior a alguns metros.

Utilização de um nível para determinar uma inclinação

É possível utilizar um nível moderno de carpinteiro (nível de bolha) assim como uma armação em A para determinar uma inclinação, mas o modo de proceder difere ligeiramente.



As etapas 1-3 são idênticas às que permitem determinar uma linha de nível, ver figura 52.

4. Medir o comprimento L_1 e multiplicá-lo pelo gradiente pretendido, por exemplo 1:10. Fazer uma segunda marca na estaca B1 a uma distância D_1 abaixo da marca de nível ($1/10$ de L_1), e colocar a estaca B2 nesse nível.

5-7 Repetir as etapas 2-4 para colocar as estacas seguintes.

Figura 56: Determinação de uma inclinação específica com um nível e uma viga

Em relação a um nível de bolha o modo de proceder é quase idêntico ao descrito na figura 52. A diferença principal reside no facto que é preciso, primeiramente, calcular a diferença de altura entre duas estacas sucessivas antes de se a poder colocar verticalmente sobre uma estaca, como a figura 56 explica.

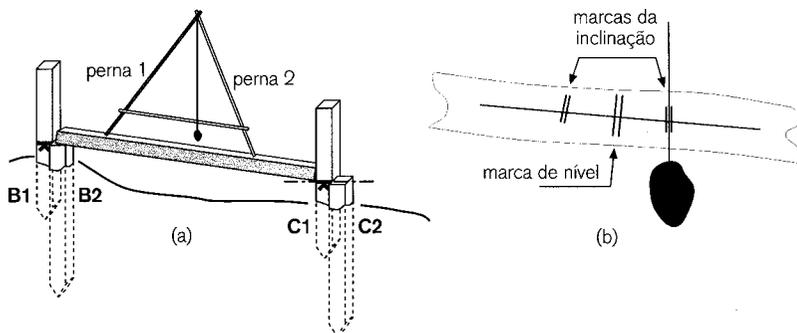


Figura 57: (a) A armação em A permite colocar directamente a estaca com a inclinação requerida (b) A armação em A deve estar colocada sobre a marca de inclinação aferida

A vantagem da armação A em relação a um nível de bolha, é que pode ser aferida para qualquer que seja a inclinação. O modo de proceder quanto à aferição é quase idêntico ao descrito na figura 54. A diferença principal reside no facto que é preciso começar por posicionar a viga precisamente na inclinação requerida, como indicado na figura 56. Seguidamente procede-se à aferição da armação em A em duas posições de inclinação dessa viga. Uma vez efectuada esta operação, podem-se colocar as estacas directamente como se se tratasse de uma viga na posição horizontal, como se vê comparando as figura 56 e figura 57.

Utilização de um clinómetro para determinar (ou medir) um ângulo de inclinação

Conceptualmente, um clinómetro não difere em nada de um nível, visto que a sua construção está baseada quer numa bolha, quer num fio de prumo. A diferença principal reside em que o clinómetro se encon-

tra especificamente concebido para determinar ou medir os ângulos de inclinação ou os gradientes. Uma armação em A, por exemplo, pode ser transformada em clinómetro ao se instalar na barra transversal uma graduação aferida, em graus (Figura 58) ou em gradientes. Com uma corda exactamente de um metro (1 000 mm) desde o ponto de suspensão até à graduação da barra transversal, uma divisão de dois milímetros entre as marcas é equivalente a uma inclinação de 1:500 ou a um ângulo de cerca de 0,1 grau.

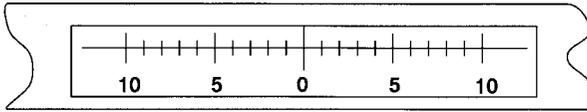


Figura 58: Uma graduação aferida em graus e colocada sobre a barra transversal de uma armação em A permite medir ângulos (pode-se igualmente indicar aí uma divisão em gradientes)

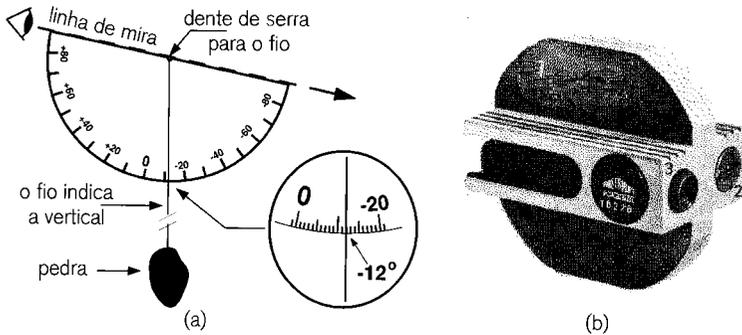


Figura 59: (a) Um clinómetro fabricado 'artesanalmente' a partir de um transferidor (b) clinómetro Breithaupt

Uma pedra, um simples transferidor em plástico com uma graduação de 1° e um pedaço de fio muito fino e maleável constituem todos os elementos necessários para fabricar um clinómetro, figura 59a. Quanto mais longo for o fio, melhor será o amortecimento das oscilações. No entanto, este instrumento simples não permite visar e ler ao mesmo tempo as medidas no círculo.

Um clinómetro fabricado industrialmente (Figura 59b), segundo o mesmo princípio, permite, simultaneamente, visar e ler. Infelizmente, mesmo um clinómetro simples situa-se na mesma gama de preço que uma bússola de boa qualidade.

O clinómetro deve visar um ponto situado à altura dos olhos, para evitar uma leitura errônea dos ângulos. Pode-se conseguir isso facilmente a partir da utilização de duas balizas de referência com uma marca visível à altura dos olhos. Este procedimento garante a medição de um ângulo igual ao ângulo de inclinação, ver figura 60a. A pessoa que manuseia o clinómetro segura o instrumento muito perto da marca de uma baliza de referência, que mantém na outra mão. Em seguida visa a outra marca na baliza de referência, que é segurada por outra pessoa que se encontra em frente (Figura 60b) e lê o ângulo (ou o gradiente).

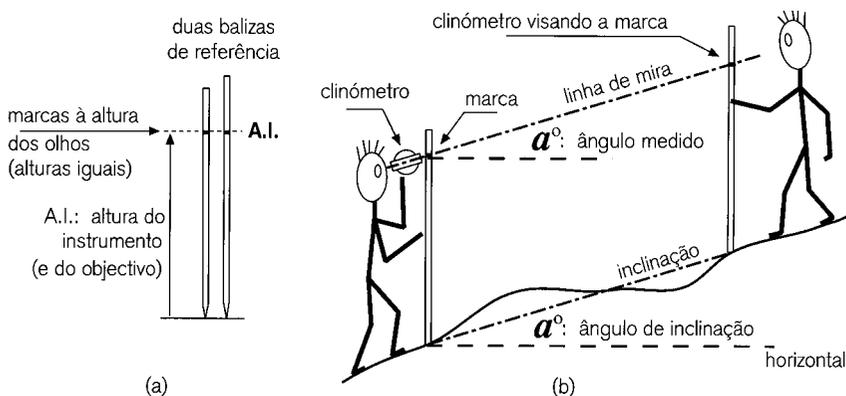


Figura 60: Determinação de um ângulo de inclinação com um clinómetro (a) São necessárias duas balizas de referência ou duas varas com marcas a uma altura idêntica para marcar uma linha de mira paralela à inclinação (b) O ângulo medido por esta linha de mira é idêntico ao ângulo de inclinação

Um clinómetro pode ser muito útil no que concerne à redução do comprimento da inclinação medida sobre o terreno com um declive não muito acentuado e uniforme. Ver Sec. 3.3 para uma explicação da redução de comprimentos inclinados.

4 Nivelar com auxílio de um instrumento

O assunto deste capítulo poderia, só por si, ser objecto de um tratado do tamanho de todo este livrinho. Deste modo, as páginas que se seguem apenas oferecem alguns conceitos básicos (Sec. 4.1) assim como uma descrição do equipamento mais comum (Sec. 4.2). Este capítulo é demasiado restrito para poder abordar a aplicação destes conceitos e deste equipamento. Apenas apresentamos os métodos e, mesmo assim, de um modo muito sucinto. (Sec. 4.3). Por fim abordaremos certos aspectos que permitem evitar erros (Sec. 4.4).

4.1 Conceitos

Tal como em relação a um nível de carpinteiro, um instrumento de nivelamento é construído a partir de um sistema que fornece uma direcção de referência horizontal em relação ao fio de prumo, tal como será explicado na próxima secção. Este tipo de instrumento encontra-se previsto com um visor óptico, o que não acontece com o nível de carpinteiro.

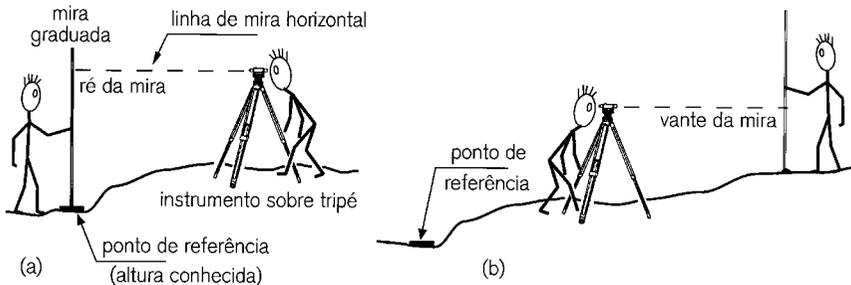


Figura 61: (a) O nivelamento inicia-se colocando o instrumento sobre um ponto arbitrário e a mira graduada a um ponto cuja altura é conhecida (ponto à ré) (b) Em seguida, a mira é deslocada para o ponto seguinte (ponto à vante), se bem que o instrumento permaneça no mesmo lugar.

Se bem que um nível óptico possa ser sustido na mão, geralmente encontra-se pousado num tripé, ver a figura 61. Os níveis que podem ser manuseados com a mão não serão abordados neste Agrodok, pois a sua utilização é mais limitada. O assim chamado nível de água também não será aqui tratado. Este tipo de nível não só é limitado no seu uso como também é difícil de utilizar correctamente.

Basicamente um instrumento de nivelamento é utilizado para expressar a diferença entre a elevação de um ponto para o qual a ‘altura’ (a distância a partir de uma elevação de referência) já é conhecida e a de um outro ponto do qual ainda não se conhece a altura. A medida de uma diferença de elevação chama-se uma ‘diferença de altura’.

As alturas niveladas são sempre medidas de um modo diferencial

O conceito que passamos a explicar implica, de facto, que num procedimento de nivelamento as alturas de dois pontos sejam comparadas em referência à linha de mira horizontal do instrumento. A maneira mais simples de compreender este conceito é de utilizar, mais uma vez, uma abordagem ‘de-para’ O instrumento visa, em primeiro lugar, a direcção de uma mira que se encontra posicionada num ponto em que a altura é conhecida (ponto de referência de indicação da altura), ver figura 61a. Na sua parte da frente, a mira encontra-se provida de uma escala graduada em centímetros ou milímetros, ver figura 69 e figura 71.

A distância vertical entre o ponto onde se encontra a mira e a linha de mira nivelada é lida na posição indicada por uma retícula horizontal, no sistema óptico do visor. Em seguida, a mira é deslocada para um outro ponto, se bem que o instrumento permaneça no mesmo lugar, ver figura 61b. Repete-se este procedimento e subtrai-se a segunda leitura de primeira. A diferença, isto é, ‘a ascensão menos a queda’ exprime a diferença de altura entre os dois pontos, ver figura 62.

O cálculo da altura desconhecida pode ser expresso de duas maneiras:

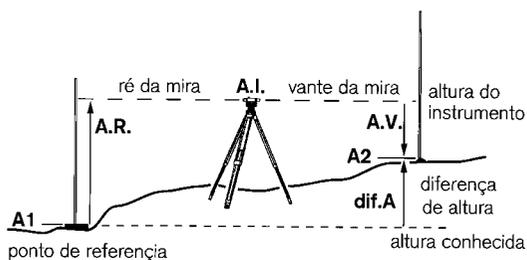
➤ começando pela altura AC: $AC + dAr - dAv = AP$

► ou começando pela altura AP: $AP + dAv - dAr = AC$

As duas expressões podem ser re-escritas da seguinte maneira:

$$AC + dAr = AP + dAv = A.I.$$

As três elevações são expressas por intermédio das alturas calculadas em relação a uma elevação artificial que apresenta uma ‘altura zero’: AC, A.I e AP.



Seguir uma abordagem « de - para » :

1. Começar num dos dois pontos e **aumentar (+)** desde esse ponto até à linha de mira cuja altura é A.I..
2. **Permanecer** em A.I. até ao outro ponto.
3. Depois **diminuir (-)** de A.I. até à altura desse ponto.

Figura 62: A diferença de altura (dif. A) equivale à ‘ascensão menos a queda’ de altura de um ponto em relação à de um outro ponto, através da altura A.I (altura do instrumento) da linha de mira nivelada.

4.2 Equipamento

Instrumentos de nivelamento

Embora os telescópios possam diferir consideravelmente uns dos outros ao nível dos detalhes ópticos, a sua concepção geral é como a ilustrada na figura 63. O telescópio encontra-se fixado ao tripé por intermédio de uma cabeça de nivelamento ou trybrach, o que permite ao telescópio de rodar em redor de um eixo vertical. Na medida em que a cabeça do tripé se encontra sempre inclinada, o trybrach está munido de três parafusos (alguns apresentam mesmo quatro), para se poder montar o telescópio sobre o seu tripé. Um nível circular ou uma parte central do alvo indica se o telescópio se encontrando aproximadamente nivelado. Após se nivelar o telescópio, é a vez de se proceder,

com precisão, ao nivelamento da linha de mira. Pode-se efectuar isso de duas maneiras:

A solução mais simples é de utilizar uma ampola tubular instalada sobre o telescópio da mesma maneira que é utilizada com um nível moderno de carpinteiro. Contudo a bolha num instrumento de nivelamento é muito mais precisa que a que é utilizada num nível de carpinteiro, ver Sec. 4.4. A outra solução constitui uma alternativa mais prática baseada no princípio do fio de prumo. Esta solução constitui, essencialmente, um afinamento do conceito de uma armação simples em A. A diferença principal em relação à solução anterior é que o fio de prumo óptico nivela automaticamente a linha do *site*.

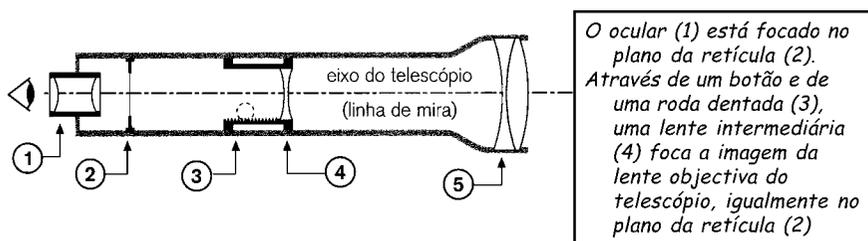
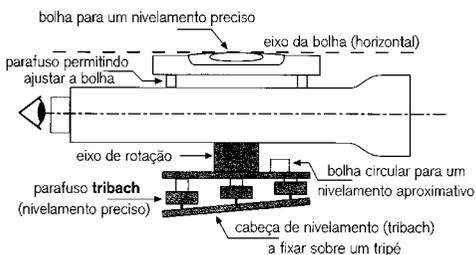


Figura 63: Os telescópios com uma ampliação de 15X à 45X permitem a leitura da graduação de uma mira na linha de mira indicada pelas marcações do visor, ver figuras 71 e 72

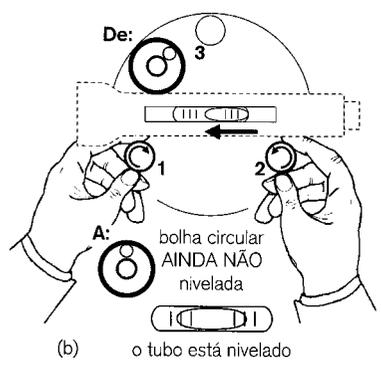
Instrumentos munidos de bolha

O assim-chamado ‘nível de óculo’ é o instrumento de nivelamento mais simples de todos, visto que o telescópio deve ser nivelado por meio de três parafusos do trybrach, o que constitui um procedimento bastante incómodo, ver figura 64.

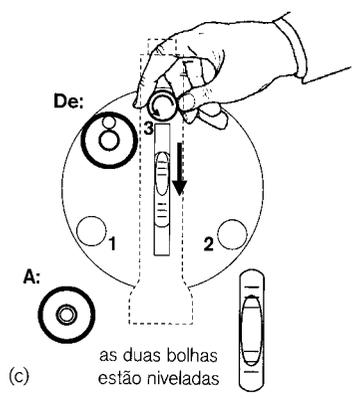
O nivelamento do telescópio centrando a ampola tubular pode ser simplificado acrescentando um parafuso especial de oscilação ao nível de óculo, ver figura 65. Agora os parafusos de trybrach são utilizados unicamente para nivelar o instrumento aproximadamente da mesma maneira que a ilustrada na figura 64.



(a)



(b)



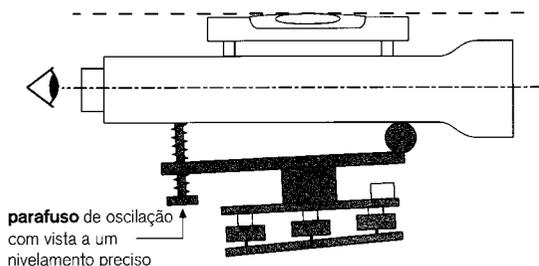
(c)

O nivelamento de um nível de óculo Começa-se por nivelar aproximativamente o telescópio rodando os parafusos « tribach », ver (a) e centrando a bolha esférica. Depois é nivelado com precisão utilizando-se, de novo, os parafusos tribach e observando a bolha tubular. É o seguinte o procedimento a seguir :

1. Colocar o telescópio paralelamente à linha imaginária sobre os dois parafusos tribach (1 & 2). Rodar os parafusos simultaneamente nas posições inversas até que as duas bolhas se encontrem nas posições indicadas em (b).
2. Girar o telescópio um quarto dum círculo. Rodar o terceiro parafuso (3) até que as duas bolhas estejam na posição indicada em (b).
3. Girar o telescópio mais um quarto de círculo na mesma direcção que na etapa 2. Verificar se a bolha tubular continua a estar centrada. Se não é o caso, ajustar a sua posição com os parafusos 1 & 2, girar o telescópio outra vez na direcção inversa (ver etapa 1) e verificar de novo a bolha.
4. Visar o telescópio com a mira e verificar se a bolha tubular ainda se encontra centrada. Caso não esteja, utilizar o parafuso que se encontra mais perto do telescópio para centrar a bolha.

**) Caso seja impossível centrar a bolha, então o eixo da bolha não se encontra perpendicular ao eixo de rotação vertical. Tal não quer dizer, só por si, que o instrumento se encontra desajustado, mas recomenda-se vivamente de verificar se o eixo da bolha e a linha da mira se encontram alinhados com exactidão, ver Sec. 4.4.*

Figura 64: Nível de óculo. O telescópio deve ser nivelado através de parafusos do trybrach.



Nivelamento de um nível basculante
 O procedimento é quase o mesmo que com o nível de óculo, ver Fig. 4.4. A principal diferença é que a bolha tubular se encontra centrada através de um parafuso de oscilação. Isto tem que ser efectuado depois do telescópio se encontrar dirigido para a mira e antes de se proceder à leitura.

Figura 65: Um nível inclinado é um nível de óculo provido de um parafuso suplementar para nivelar o telescópio.

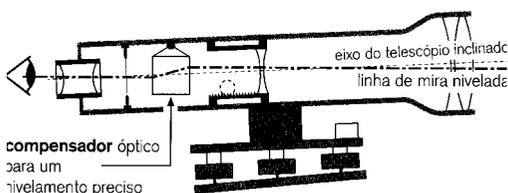
O problema que pode acontecer quando se utiliza um nível de bolha é que o agrimensor se esquece de nivelar o telescópio e, deste modo, as alturas medidas serão falsas até que o telescópio seja de novo nivelado. É necessária muita experiência para utilizar correctamente um nível de bolha. É essencial, para se obter êxitos proceder da seguinte forma: **Começar sempre por nivelar a linha de mira antes de fazer a leitura da mira.**

Infelizmente o erro ocasionado por um telescópio mal nivelado apenas pode ser detectado com medições em arco fechado. A ideia de base é que uma série de medições de altura comecem e terminem num determinado ponto, cuja altura é conhecida (ponto de referência), ver Sec. 4.3.

Instrumentos automáticos de nivelamento

Em muitas aplicações é impossível ou não é prático efectuar medições em arco fechado. Encontrou-se, pois, uma solução alternativa que permite nivelar automaticamente a linha de mira, eliminando por completo a ampola tubular. Daí que o eixo óptico do telescópio nunca se encontra nivelado de modo preciso. Para compensar o basculamento, o elemento óptico situado no telescópio nivela a linha de mira, ver figura 66. Os níveis modernos automáticos são muito robustos e fiáveis e podem, além disso, ser utilizados em condições precárias.

Os níveis automáticos são particularmente úteis para pessoas que só ocasionalmente utilizam um instrumento de nivelamento, porque a **linha de mira permanece sempre nivelada**.



Um compensador óptico está pendurado na linha de mira e segue constantemente a direcção do fio de prumo, como o peso da armação em A. O efeito óptico daí resultante é que a linha de mira permanece sempre nivelada apesar da inclinação do eixo óptico.

Figura 66: Um instrumento automático nivela a linha de mira através de um telescópio basculante (inclinado).

Indispensável: regulação do telescópio: imagem nítida e sem paralaxe

O telescópio de qualquer instrumento de nivelamento óptico compreende dois elementos que devem ser regulados em funcionamento com muita precisão antes de se ler a mira de nivelamento. Para se proceder a uma regulação correcta esta deve ser efectuada em duas fases.

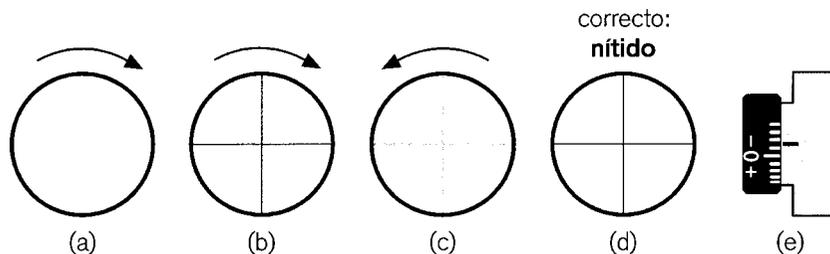


Figura 67: Várias gradações de uma mira em E, de fácil construção

A primeira etapa deverá efectuar-se segundo uma série de medidas executadas na seguinte ordem, ver figura 67:

- a. Focar o telescópio no infinito, utilizando o botão de focagem (figura 63, número 3), o que resulta numa imagem completamente desfocada

da. Parar durante alguns segundos de modo que, gradualmente, as retículas pareçam, de novo, vagamente visíveis.

- b. Girar o ocular que se encontra na parte de trás do telescópio no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio (anti-horário) até que pare. A retícula ficará invisível. Esperar alguns segundos e então girar lentamente o óculo no sentido horário, até que as retículas de novo se tornem ligeiramente visíveis (figura 67a).
- c. Continuar a girar lentamente o ocular no sentido horário até que retículas possam ser vistas com toda a nitidez (b). Girar ainda um pouco mais até que a imagem apareça, de novo, ligeiramente, desfocada (c).
- d. Girar o óculo de novo no sentido anti-horário até que as retículas apareçam completamente nítidas (d). Ver a graduação em volta do ocular e anotar a posição da marca do index (e).

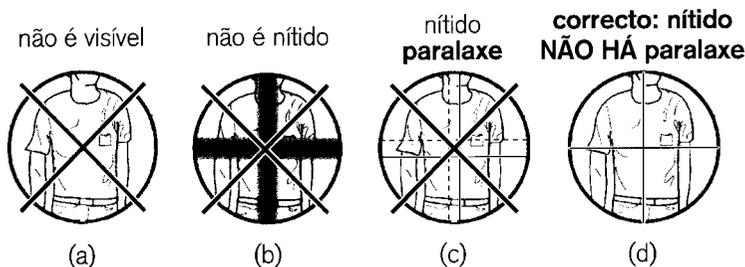


Figura 68: O ocular de um telescópio deve estar correctamente regulado de modo a que as retículas sejam vistas com nitidez e sem paralaxe

A etapa 2 deverá ser executada sempre, previamente a ler-se a mira de nivelamento, figura 68:

- a. Verificar se o ocular ainda se encontra na sua posição original, tal como tinha sido colocado na etapa 1. Verificar se as retículas são visíveis (a) e nítidas (b) (Figura 68a ou b). Repetir a etapa 1.

- b. Visar a pessoa que segura a mira. Girar, em seguida, o botão de focagem para trás e para diante, até que a imagem esteja o mais nítida possível.
- c. Deslocar a cabeça que se encontra por detrás do óculo. Caso as retículas se movam ligeiramente, em relação à imagem (c) quer dizer que o óculo ainda não está bem regulado. Repetir a Etapa 1.

Quando as retículas permanecem fixadas à imagem, então o telescópio encontra-se bem regulado – a imagem encontra-se focada (nítida) e sem paralaxe (d).

Utilização e leitura da mira

O suporte de uma mira e a sua utilização

Quando a altura de uma superfície tem que ser determinada por uma série de medições a partir de uma posição única, ver figura 62, a mira deve ser colocada directamente nessa superfície. Nesse caso não é necessário usar um suporte debaixo da mira, ou melhor dizendo, é melhor mesmo não o utilizar visto que a mira tem o zero da sua graduação na sua base, ver figura 69. A utilização de um suporte induziria a um erro de leitura igual à altura do suporte. Contudo, quando se realiza um nivelamento através de medições em arco fechado, ver figura 74, o instrumento é deslocado de estação para estação. A mira deve, então, permanecer na mesma posição, e estar voltada na direcção da posição seguinte do instrumento. Caso a mira esteja sobre uma superfície móvel ou irregular, a sua base mudará ligeiramente de altura. Na medida em que a precisão de uma medição em arco fechado se situa na faixa dos milímetros, até um tal movimento vertical ligeiro da mira é nefasto e deve ser evitado. Neste caso torna-se, pois, necessário colocar a mira sobre um suporte, qualquer que seja a posição em que a mesma se encontre.

Os pontos marcados por pedras, estacas, tubos de metal, etc. (ver sec.3.2), oferecem um satisfatório suporte vertical para a mira. Nos pontos intermediários é necessário um suporte temporário. Se bem que existam suportes de ferro fundido, concebidos para um tal uso, ver figura 70, uma pedra com uma base plana e a parte de cima redonda

terá o mesmo efeito. No caso de medições em arco fechado a utilização de um suporte evitará a indução em erros de altura, ver as explicações na Sec. 4.3.

Graduação de uma mira e orientação da visão

A graduação existente na parte dianteira de uma mira de nivelamento pode variar consideravelmente de uma mira à outra, tal como é mostrado na figura 69. Embora se trate de um trabalho bastante fastidioso, pode construir você mesmo, uma mira com uma assim chamada ‘graduação em E’.

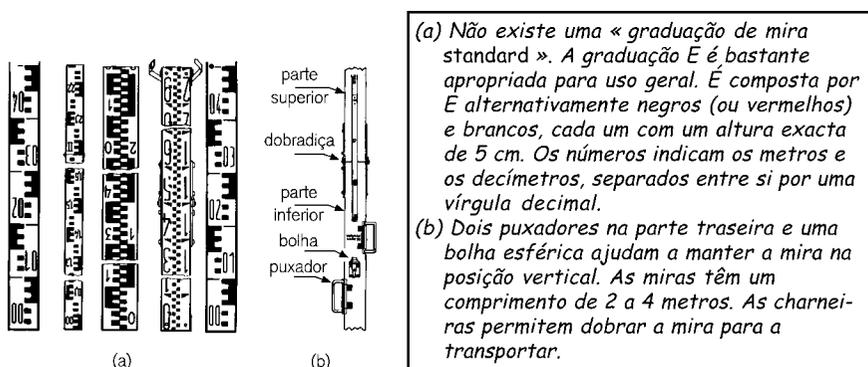
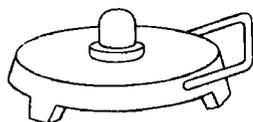


Figura 69: (a) Lados da frente de miras mostrando vários tipos de graduações. (b) Lado de trás de uma mira dobrável. A bolha serve para verificar se a mira se encontra na posição vertical.



É preciso colocar a mira sobre um suporte firme, por duas razões: (1) para marcar um ponto intermediário ; (2) para impedir que a mira se enterre no solo.

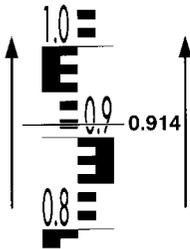
Figura 70: Suporte de ferro fundido, concebido para ser utilizado em pontos intermediários, durante medições em arco fechado.

Todos os instrumentos modernos de nivelamento encontram-se equipados com um telescópio com uma visão direita (‘de cabeça para cima’). Um grande número de instrumentos mais antigos, ou moder-

nos mais baratos, têm um telescópio que apresenta uma imagem ‘de pernas para o ar’. Estes instrumentos provocarão, inevitavelmente, problemas quando utilizados por pessoas inexperientes, como se encontra explicado na figura 71.

mira de nivelamento
na posição normal

vista de
« cabeça para cima »
através de um
no telescópio



(a)

Todas as miras de nivelamento com uma escala graduadas têm o « zero » em baixo, qualquer que seja o tipo de graduação.

É importante que os números que ficam ao lado da graduação possam ser lidos na posição vertical de « cabeça para cima », através do telescópio.

Na medida em que a imagem observada através do telescópio pode ser orientada tanto de « cabeça para cima » como « pernas para o ar », os números na mira devem aparecer no mesmo sentido.

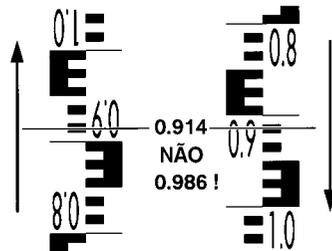
É preciso muita prática para se ler correctamente uma mira em que os números se encontram de « pernas para o ar ». Comem-se muito facilmente erros, como é demonstrado na figura ao lado.

Um instrumento de nivelamento equipado com um telescópio cuja visão é de «pernas para o ar» não deve ser operado por alguém que não possui uma grande prática e experiência com a sua operação e que foi convenientemente treinado para o utilizar.

mira de nivelamento
invertida

os números da mira estão de « pernas para o ar »

vista de « pernas para o ar » através de um no telescópio



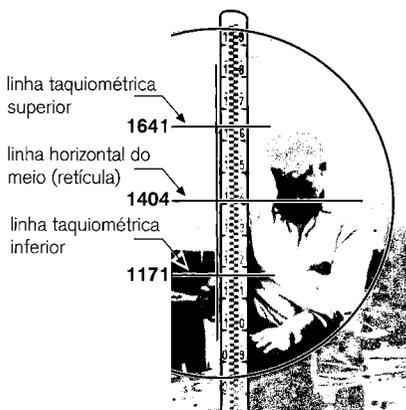
(b)

Figura 71: Um telescópio que confere uma imagem ‘de pernas para o ar’ requer uma mira invertida e muita prática

Leitura de uma mira segundo três linhas

O campo de visão de um telescópio compreende quatro linhas: uma linha vertical e uma linha horizontal (linha do meio) que formam uma cruz, assim como duas linhas mais curtas, igualmente distantes da retícula horizontal, ver figura 72. Estas duas últimas são as linhas taquiométricas. A mira deve ser lida em todas as três linhas horizontais, tal como se encontra explicado na figura 72. Estes são os resultados:

- A altura (mm) da linha de mira a partir da base da mira.
- O comprimento (m) desde o instrumento até à mira.



Leitura da mira segundo três linhas taquiométricas :

1. Ler a linha horizontal do meio (1404 mm).
2. Ler as linhas taquiométricas superior e inferior (1641 & 1171). Somar estas duas medidas (2812) e depois dividir por 2. Comparar o resultado com o da linha do meio (1404) ; a diferença deve ser inferior a 1 (mm). Caso o resultado obtido seja outro, repetir as três leituras até que se atinja esse resultado.
3. Subtrair a medida da linha inferior da medida superior (470), e depois dividir por 10. O resultado é o comprimento que separa o instrumento da mira, em metros (47,0 m).

Figura 72: Leitura de uma mira através de uma retícula horizontal e duas linhas taquiométricas.

Antes da leitura: verificar se o telescópio se encontra bem nivelado, ver figura 64, e se os fios da retícula são visíveis sem qualquer paralaxe, ver figura 68. Durante a leitura: para evitar modificar a linha de mira, não tocar o instrumento ou o tripé.

4.3 Métodos

O número de aplicações de um instrumento de nivelamento é potencialmente elevado. Mesmo as aplicações mais frequentes são demasiado numerosas para serem tratadas neste livrinho. Daí que apenas apresentaremos dois métodos basicamente diferentes: um consiste em cobrir

distâncias curtas com um instrumento colocado numa única estação e o outro trata de medir distâncias maiores, o que requer que o instrumento seja colocado em diversas estações. O último método requer o assim chamado arco fechado com vista à obtenção de resultados fidedignos.

Nivelamento a partir de uma única estação

Na sua essência este método implica uma aplicação múltipla do procedimento ilustrado e explicado na figura 61 e figura 62. A partir de uma única posição e de um único ponto de referência (de indicação da altitude), medem-se uma série de pontos, quer quanto à sua altura, quer sejam estabelecidos a uma altura desejada (marcada pela cabeça das estacas) em relação à altura do ponto de referência. Caso ainda não se disponha de nenhum ponto de referência, então procede-se à marcação de um ponto permanente (figura 19) ao qual é atribuída uma altura fictícia, por exemplo, exactamente cem metros (100 000 mm).

Os pontos a nivelar podem ser ou alinhados, tal como é requerido para perfis e secções, ou distribuídos aleatoriamente sobre uma área (para um mapa de curvas de nível) ou espaçados sistematicamente (para um plano de equalização).

As curvas de nível podem ser estabelecidas mais convenientemente e de maneira mais precisa por meio de um instrumento de nivelamento que com uma armação em A convencional (Figura 55). Até não é mesmo necessário utilizar uma mira. O instrumento deve visar uma vara colocada no ponto de referência, indicando a elevação da curva de nível. Em seguida faz-se uma marca visível na vara à altura da linha do meio. O agrimensor que se encontra a trabalhar com o instrumento dá instruções. Uma segunda pessoa anda com a vara de um ponto para outro, enquanto o agrimensor o instrói para ir 'para' cima/para baixo'(ou 'para a esquerda/para a direita').

O comprimento da secção ou da dimensão da área coberta restringe-se à distância máxima que pode ser, efectivamente, coberta por um instrumento de nivelamento, i.e. 60 a 80 metros num terreno aber-

to/descoberto. Contudo, o nivelamento requer uma linha de mira clara do ocular e a mira deve ser visível à altura da linha do meio. Daí que vegetação ou diferenças de altura que excedam um metro podem reduzir drasticamente o raio no qual as alturas podem ser medidas ou estabelecidas.

Medições em arco fechado

Caso sejam necessárias várias estações instrumentais para cobrir uma área ou percorrer uma distância entre dois pontos, então a medida do ponto da mira obtida numa estação deve ser ligada com a medição da alça da mira da estação seguinte, ver figura 73.

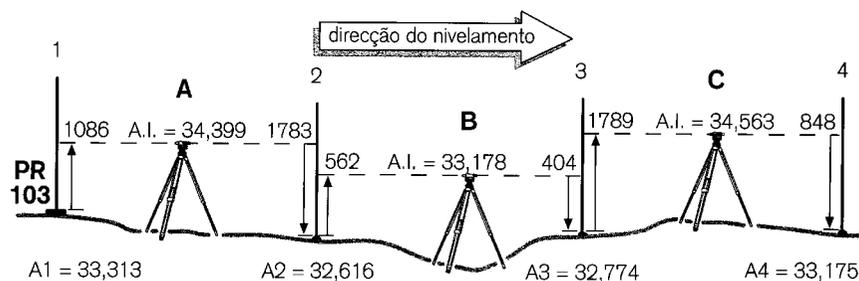
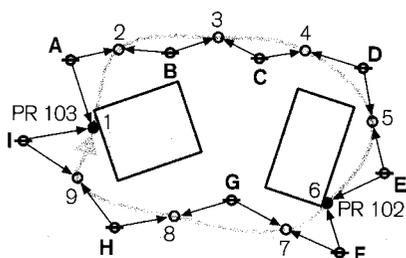


Figura 73: As três primeiras estações (A,B,C) de uma série



Um arco fechado abrange uma série de medições a partir de estações consecutivas (A-I), das quais o primeiro ponto da Ré da mira e o última vante da mira são dirigidas para um ponto de referência (de indicação da altitude). O desenho mostra dois tipos de fecho: retorno ao ponto de referência do início/partida (PR103) e o fecho sobre um outro ponto de referência (PR102). Os números referem-se ao exemplo das figuras 76 e 77.

Figura 74: Esboço das medições em arco fechado documentadas nas figuras 76 e 77

O último ponto da mira da série de estações deve-se fazer na direcção de um outro ponto de referência, ou em relação ao ponto de referência para o qual a primeira medição a ré da mira foi efectuada, ver a figura 74. A utilização de um impresso bem estruturado, constitui um pré-requisito indispensável para se manter uma visão de conjunto e de controlo sobre um nivelamento em que se usa uma medição em arco fechado. Num fim deste capítulo é apresentado um exemplo exaustivamente elaborado. Todos os dados de medições apresentados, foram obtidos a partir de um nivelamento em arco fechado, efectuado na realidade, apenas se mudando o contexto para um fictício. A explicação passo-a-passo, por etapas, que a seguir apresentamos refere-se a esse exemplo.

Etapa 1: colocação do instrumento numa posição conveniente ('estação')

Instrumento na primeira estação A, ver figura 73 e figura 74.

Etapa 2: eliminação do paralaxe e regulação da focagem do telescópio

Ver figura 67 e figura 68.

Etapa 3: nivelamento da linha de mira

Ver figura 63 - figura 66.

Etapa 4: colocação da mira sobre o ponto de referência (leitura num ponto 1 visado à ré)

Mira sobre o ponto 1 que é PR103 (ponto de referência). Valores lidos: 1 086 mm (linha do meio), 1 272 & 901 mm (linhas taquiométricas).

Etapa 5: verificação da leitura visada à ré, cálculo do comprimento
 $(1272+901)/2 = 2173/2$ deve ser igual a 1086 +/- 1 mm (ver figura 71 e figura 72); se não for o caso, repetir as leituras e corrigir os resultados até se atingir esse resultado. O comprimento visado à ré é igual a:
 $1272 - 901 = 371$ mm vezes 100 = 37,1 m.

Etapa 6: deslocamento da mira para o próximo ponto (leitura no vante da mira no ponto 2)

O comprimento do ponto da ré da mira é, de preferência, quase igual à da vante da mira precedente. É pois de recomendar de contar os passos para equilibrar as duas distâncias. Leitura das medidas: 1783, 1913 & 1651.

Etapa 7: verificação da leitura na vante da mira. Cálculo do comprimento e das alturas

$(1913+1651)/2 = 3564/2$ satisfaz a condição (igual a 1783 \pm 1 mm). O comprimento na ré da mira é igual a: $1913-1651 = 262 \text{ mm} \times 100 = 26,2 \text{ m}$. As miras com um comprimento respectivo de 37,1 & 26,2 m, não se encontram, pois, equilibradas. Altura da linha de mira: A.I. = $33,313 \text{ (m)} + 1086 \text{ (mm)} = 34,399 \text{ m}$. (Ver Fig. 4.2). Diferença de altura entre o ponto 1 e o ponto 2: $1086-1783 \text{ (mm)} = -0,697 \text{ (m)}$, o que implica uma ‘queda’ na elevação. Acrescenta-se 10,000 m e substitui-se $-0,697$ por $10,000-0,697 = X9,303 \text{ (m)}$.

Etapa 8: estabelecimento da estação seguinte e repetição das etapas 1 à 7

Etapa final: verificação da satisfação das duas condições

Assim que o arco do nivelamento se encontra fechado (arco fechado), é necessário satisfazer duas condições:

- 1 A soma dos comprimentos de todos os pontos a ré da mira devem ser igual a de todos os pontos à vante da mira dentro de uma margem de \pm 5%. Caso esta condição seja respeitada, tal anulará um alinhamento de ‘pernas para o ar’ da linha de mira (quando esta não se encontra nivelada), ver figura 73 e figura 75.
- 2 A altura do ponto de referência ou do primeiro ponto da ré da mira a ser realizada, mais a soma de todas as ‘ascensões’ e ‘quedas’ devem ser iguais à altura do ponto de referência aonde se efectuou o último ponto da vante da mira, ver página 103. Esta condição nunca será satisfeita 100%. A margem de tolerância depende da precisão requerida e do comprimento do arco, ver a secção seguinte.

4.4 Prevenção de erros e precisão

Utiliza-se um suporte para a mira nos pontos intermediários entre os pontos de referência com o fim de se assegurar que a mira permanece exactamente na mesma altura quando o instrumento é transportado da estação A para a estação B, ver figura 68. O suporte não introduz um erro de altura porque a sua própria altura é anulada, como é possível de se constatar elevando o suporte no ponto 2 em 123 mm, por exemplo (Figura 62). Mas ...

... não colocar um suporte da mira sobre um ponto de referência ...

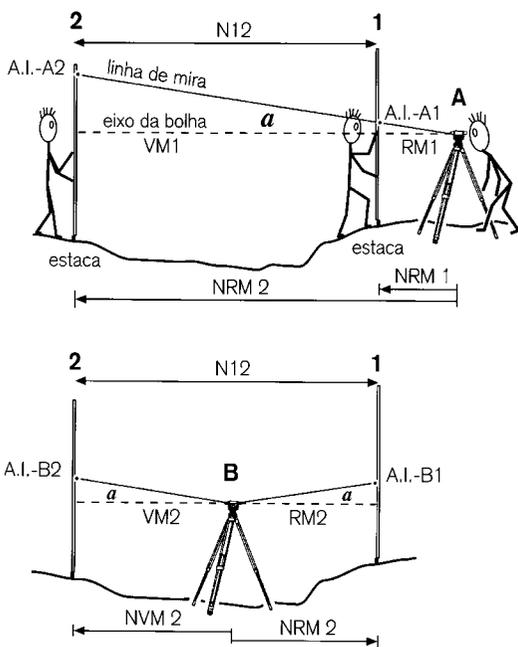
... por que a altura do suporte não será anulada, a menos que este último seja utilizado tanto no início como no fim do arco.

Verificação regular do alinhamento do instrumento (o teste das duas estacas)

A linha de mira de um instrumento de nivelamento deve estar alinhada, quer seja paralelamente ao eixo da bolha (nos casos de níveis de bolha), quer seja perpendicularmente ao fio de prumo (em relação aos níveis automáticos). Como não é possível determinar directamente se esta condição se encontra preenchida, é necessário verificar regularmente o alinhamento do instrumento realizando o teste das duas estacas (Figura 75).

A precisão depende enormemente de bons métodos de trabalho

O nivelamento a partir de uma única posição permite atingir uma precisão superior a 10 mm por 100 m de comprimento (o que é mais ou menos, a máxima distância possível). O nivelamento em 'arco fechado' está concebido para cobrir distâncias mais longas. Quanto mais a soma dos comprimentos é elevada, tanto menos a apreciação da altura será precisa. Mas uma avaliação aprofundada da precisão do nivelamento em arco fechado encontra-se, contudo, para além do âmbito deste Agrodok. Pode-se partir do princípio que a precisão é de 1,5 mm por série de ponto e alça da mira, até a um comprimento máximo de 1 km.



1. Pode-se verificar o alinhamento da linha de mira medindo a diferença de altura entre duas estacas (ou pontos de referência) que se encontram cerca de 50 m distanciados um do outro. É preciso que duas estações - A e B - sejam ocupadas.
2. O efeito de uma linha de mira erecta anular-se-á nos resultados das leituras caso a (soma do) comprimento(s) do ponto da ré seja igual ao da vante, como mostra a figura ao lado. Daí que o aumento/diminuição obtido na estação B possa servir de referência para o resultado obtido na estação A.
3. Para um instrumento de precisão média, bem regulado, a diferença entre os dois resultados não deve exceder 0,5 mm por 10 m, ou seja 2,5 mm neste exemplo. (Não tratamos aqui da ajuste do instrumento).

Figura 75: Um 'teste de duas estacas' para verificar o alinhamento de um instrumento de nivelamento

O nivelamento a partir de uma única posição permite atingir uma precisão superior a 10 mm por 100 m de comprimento (o que é mais ou menos, a máxima distância possível). O nivelamento em 'arco fechado' está concebido para cobrir distâncias mais longas. Quanto mais a soma dos comprimentos é elevada, tanto menos a apreciação da altura será precisa. Mas uma avaliação aprofundada da precisão do nivelamento em arco fechado encontra-se, contudo, para além do âmbito deste Agrodok. Pode-se partir do princípio que a precisão é de 1,5 mm por série de ponto e alça da mira, até a um comprimento máximo de 1 km.

Data: December 10, 2000
 Agrimensor: Larline ben Amor

Tipo de instrumento: WILD N2
 Número de série: 723456

Nivelamento de: El Gourna East 32
 para: El Gourna East 32

série	meio		A.I.	A.pt.	R.M.		V.M.		comprimento B.M./+ V.M./+	ascen. (queda)	subst.	azim.	comentário
	inst. inic.	B.M.			V.M.	sup./inf.	-/+	sup./inf.					
1	1086			33.313	1272	371	1913	262	37.1	26.2			BM 103
A		1783	34.399		901	2173	1651	3564	37.1	26.2	X9.303		33313
2	562			32.616	854	584	651	495	58.4	49.5			
B		404	33.178		270	1124	156	807	95.5	75.7	0.158		
3	1789			32.774	1883	189	1054	412	18.9	41.2			
C		848	34.563		1694	3577	642	1696	114.4	116.9	0.941		
4	1097			33.715	1172	149	796	136	14.9	13.6			
D		728	34.812		1023	2195	660	1456	129.3	130.5	0.369		
5	539			34.084	635	192	394	256	19.2	25.6			BM 102
E		266	34.623		443	1078	138	532	148.5	156.1	0.273		31085
6	2049			34.357	2161	224	1193	262	22.4	26.2			
F		1116	36.406		1937	4098	1040	2233	170.9	171.4	0.933		
7	2063/2			35.290	2251	378	1906	518	37.8	51.8			
G		1647	37.353		1873	4124	1388	3294	208.7	222.2	0.416		
8	107			35.706	332	(*)1450	3015	274	45.0	27.4			(*) a linha taqiom. inf. não é visível
H		2876/8	35.813		(*)107	(*)	2741	5756	253.7	249.6	X7.231		(**) 2 x (33E-107)
9	1441			32.937	1653	424	1265	399	42.4	39.9			BM 103
I		1066	34.378		1229	2882	866	2131	296.1	289.5	0.375		33313
I*				33.312									XX indica que a 10 m têm que ser substituídos
I		10733		33.313							XX19.999		
											20.000		
											0.001		

Figura 76: Exemplo

6116 Começar no ponto de referência BM103															
112 série de leituras para a ré da mira (R.M.) e a vante da mira (V.M.) inst.: instrumento na posição A nrc.: mira na posição 1 (R.M.) e posição 2 (V.M.)															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
série inst. nrc.	meio		A.I.	A.pt.	R.M.		V.M.		comprimento		ascen. (queda)	subst.	azim.	comentário	
	B.M.	V.M.			sup./m.	- / +	sup./inf.	- / +	B.M./+ V.M./+						
1	1086			33.313		1272	371	1913	262	371	26.2				BM 103
A			1783/2	34.399		901	2173	1651	3564	371	26.2	X9.303			33.313
2															

1a. Ré da Mira															
3	R.M. leitura da mira: retícula do meio (1086 mm)														
7	ret. sup. (1272); ret. inf. (901)														
8	subtraír as leituras da R.M.: 1272 - 901 = 371 (mm)														
	adicionar as leituras da R.M.: 1272 + 901 = 2173														
813	verificar a soma: 2173/2 deve ser igual 1086 (+/-1) mm														
516	calcular A.I. (in m): 33.313 (m) + 1.086 (m) = 34.399 (m)														
8111	calcular comprimento da R.M. (in m): 371/10 = 37.1														

1a. Vante da Mira															
4	V.M. leitura da mira: retícula do meio (1783 mm)														
9	ret. sup. (1913); ret. inf. (1651)														
10	subtraír as leituras da V.M.: 1913 - 1651 = 262 (mm)														
	adicionar as leituras da V.M.: 1913 + 1651 = 3564														
1014	verif. a soma: 3564 deve ser igual 2 x 1783 = 3566 (+/-1)														
516	calcular A.Pt. (in m): 34.399 (m) - 1.783 (m) = 32.616 (m)														
10112	calcular comprimento da V.M. (in m): 262/10 = 26.2														

1a. ascensão/queda															
314113	calcular ascensão/queda: 1086 - 1783 (mm) = -0.697 (m) --> queda														
14	se houver queda, então acrescenta 10.000 (m): -0.697 + 10.000 = 9.303														

6116 FIM no ponto de referência BM 103															
6114	verif. soma 3 - soma 4 = A.Pt Fim - A.Pt. Início: 10733 - 10734 = -1 (mm) = 33.312 - 33.313 = -0.001 (m) --> OK														
11112	verif. soma 11 - soma 12 < 5%: 296.1 - 289.5 = 6.6 < (6.6/290) x 100 = 2.3% --> OK														
314114	verif. A.Pt Fim - A.Pt. Início = soma ascensão/queda da Início a Fim: -0.001 (m) = -0.001 (m) --> OK														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
9	1441		2876/8	35.813		1107	2741	5756	2537	2496	X7.231				
1			1086	34.378		1653	424	1265	399	424	39.9				BM 103
1*	10733					1229	2882	866	2131	296.1	289.5	0.375			33.313
1			10734												XX19.999
1-1															20.000
															- 0.001

Figura 77: Exemplo (continuação)

5 Uma boa prática de topografia, resumo

A regra mais importante, que integra todas as outras, é:

Seguir à letra os procedimentos

As regras a seguir, as recomendações, o que se deve fazer e não fazer, que em seguida apresentamos estão longe de ser exaustivas, mas sublinham claramente que uma boa prática de topografia é, antes de tudo, uma questão de envolvimento pessoal e de sentido de responsabilidade. *Sem a mentalidade requerida, é uma ilusão esperar-se realizar um bom trabalho de topografia.* .

Algumas regras de base a seguir

Planificar todo o trabalho ligado a um levantamento topográfico, que compreende três fases: a preparação do trabalho no terreno, a tomada das medidas no *site* e o processamento dos dados obtidos. Utilizar impressos standard para fazer anotações, de forma a manter os dados e os resultados apresentados de uma maneira bem cuidada, bem organizada e compreensível para os outros. (Sec. 2.1 à 2.4)

Aquando de levantamentos a cadeia, efectuar todas as medições duas vezes para evitar erros. Medidas precisas e isentas de erro só por si não garantem exactidão. Para obter um resultado fiável, é indispensável integrar uma suficiente redundância aos meios de medidas supranumerárias. (Sec. 2.5 et Sec. 3.4)

Se proceder ao nivelamento com um instrumento: (1) colocar a mira sempre sobre um suporte firme e arredondado nos pontos intermediários; (2) manter o mesmo comprimento total na ré e no vante da mira; (3) começar e terminar sobre a altura de um ponto de referência e (4) verificar se a soma dos aumentos e diminuições é igual à diferença entre as alturas dos pontos de referência. (Cap. 4)

Verificar e fazer a manutenção regular de todo o equipamento. Limpar e secar cada elemento antes de o arrumar. Verificar o alinhamento do nível de carpinteiro e de todos os instrumentos de nivelamento antes de os utilizar. (Sec. 3.6 et Sec. 4.4)

Tirar apontamentos: operação fundamental

Tirar apontamentos é a actividade mais importante de um levantamento topográfico. *Nunca confie apenas na sua memória.* Anotar todas as informações imediatamente e com precisão num caderno com uma capa dura, não em folhas soltas. Utilizar um lápis com mina dura e afiada pois desse modo as anotações são resistentes à água e isso evitará que percam a cor ou se tornem ilegíveis com o decorrer do tempo. Não fazer anotações com uma esferográfica (fazem nódoas) ou com uma caneta de feltro (não resistem à água).

Não economize papel; tome as suas anotações com espaço suficiente. Elas têm que ser legíveis e bem organizadas para que outras pessoas delas possam fazer uso. Verifique os dados obtidos de todas as maneiras possíveis antes de proceder às próximas medições ou deixar o *site*. Nunca apague ou modifique um número, risque-o e escreva-o de novo, em cima.

Na medida em que este caderno contém todas as anotações, merece ser tratado com cuidado. Mantenha esse caderno num lugar seguro. Caso o perca ou o mesmo ficar danificado, o seu levantamento topográfico também estará perdido e terá que o repetir, pelo menos em parte.

O levantamento a cadeia: mantenha o alinhamento, puxe e documente

Guarde a fita métrica (o metro) bem esticada e sob tensão. Puxe com força sempre que surja uma dúvida sobre se a tensão é a conveniente. Mantenha um bom alinhamento quando efectuar uma distância superior ao comprimento do metro.

Tire todas as medidas, pelo menos, duas vezes para se assegurar da detecção de possíveis erros. Registe todas as medidas num caderno de anotações exactamente e como foram observadas. Faça esboços suficientemente grandes de forma a documentar sem ambiguidade o que foi medido e como. Verifique os resultados por meio de medidas supranumerárias. Verifique se tirou completamente todas as medidas, antes de deixar o *site*..

Nivelamento com um instrumento: verificações e precauções

Verifique se a linha de mira se encontra nivelada antes de ler a mira. Assegure-se de que a mira se encontra imóvel e na posição vertical, durante a leitura das medidas. Assegure-se de que a leitura é feita com retículas, que seja visível sem paralaxe e que a visão da mira esteja completamente nítida. Não desloque a mira nem o instrumento para o ponto ou a estação seguinte antes de ter verificado se os resultados da metade das leituras das linhas taquiométricas é igual à leitura das linhas do meio. Feche, sempre, o arco. Não deixe o *site* antes de ter procedido a todas as verificações mencionadas na página 102.

Leitura recomendada

Se bem que toda a agricultura se encontre baseada sobre o mesmo princípio e tenha por objectivo a produção de alimentos, constatam-se diferenças muito grandes entre as diversas práticas agrícolas. Neste aspecto existem muitas similaridades entre a topografia e a agricultura. Embora os princípios básicos matemáticos e físicos da topografia sejam os mesmos, a sua implementação e prática diária pode diferir consideravelmente segundo os tipos de aplicação ou as ‘escolas’.

A topografia é uma disciplina que se caracteriza por ‘sabores nacionais’ aparentemente diferentes, pois a formação dos géometras tem um enfoque nacional, e até mesmo regional. Em todo o país ou região em que a topografia integra um curriculum de estudo, haverá um manual de topografia, que abordará práticas e padrões nacionais.

Por razões óbvias, o conteúdo deste Agrodok encontra-se ‘colorido’ apenas pelos manuais disponíveis na língua holandesa. Contudo esta tendência desviatória nacional foi grandemente neutralizada através da utilização de dois manuais de topografia, um americano e outro inglês, servindo ambos como livros de referência adicionais.

Recomenda-se vivamente o seguinte manual para todos os que desejam informações práticas aprofundadas sobre topografia aplicada à construção:

Wesley G. Crawford, **Construction Surveying And Layout: a step-by-step field engineering methods manual**. 1994, pp. 730, P.O.B Publishing Company, Canton, USA. ISBN: 0-9624124-3-0.

Este manual trata-se de uma obra avançada sobre topografia em geral: A. Bannister, S. Raymond & R. Baker, **Surveying**. 1992 (6th ed), pp. 494, Longman Scientific & Technical, Essex, United Kingdom. ISBN: 0-470-21845-2.A.

Glossário

altitude	<i>Ângulo vertical</i> situado entre o plano do horizonte e a linha conducente ao objecto estudado ou implantado.
altura	Dimensão medida na direcção do zénite.
altura do instrumento	(A.I.) Em <i>nivelamento</i> diferencial: elevação da <i>linha de mira do telescópio</i> acima da <i>altura de referência</i> . (a.i) Quando se utiliza um instrumento óptico: altura do telescópio acima da <i>estação</i> .
ângulo	Diferença de <i>direcção</i> entre duas linhas convergentes, sobre um plano <i>vertical</i> ou <i>horizontal</i> .
ângulo de apoio/ <i>azimute</i> de mira	Ângulo no sentido dos ponteiros de um relógio, ou no sentido contrário, medido do Norte ou do Sul e utilizado para descrever a <i>direcção</i> de uma linha.
ângulo, azimutal	Ângulo horizontal no sentido dos ponteiros do relógio que está situado entre a direcção de uma linha e uma dada direcção de referência.
ângulo, <i>vertical</i>	Ângulo de elevação acima («mais») ou ângulo de depressão abaixo («menos») do horizonte.

anotações de terreno	Registo permanente e detalhado das medições e de outras observações no terreno.
arco fechado	Uma série de medições consecutivas que terminam no ponto de partida.
baliza de referência	Ou vara de agrimensor. Uma haste rectilínea e delgada, em madeira ou de metal, de comprimento variável e com uma ponta (de metal) . Utilizada como objecto de mira/visor para medir a elevação de pontos ao longo de uma linha .
cadeia ou fita métrica (medição com)	Operação que consiste em medir uma <i>distância</i> no solo com uma cadeia ou uma fita métrica. Nesta asserção medição com cadeia métrica ou medição com fita métrica são sinónimos. (<i>chaining</i> = levantamento a cadeia)
calibração	Processo de comparação de um aparelho com um objecto de referência, para corrigir ou compensar os erros, ou para fins de registo.
cavilha	Cavilha de metal que serve para marcar os <i>pontos</i> quando se utiliza uma <i>fita</i> métrica para se efectuar uma medição com <i>cadeia</i> métrica. Utilizados em maços de 11 para a medição com cadeia de grandes comprimentos.
clinómetro	Instrumento destinado a medir os <i>ângulos</i> de <i>inclinação</i> .

comprimento	Dimensão de uma (parte) de uma linha recta expressa numa unidade física, como seja o metro ou a jarda (= 914,383 mm).
correccão	Valor aplicado a uma medida a fim de reduzir o efeito dos <i>erros</i> .
curva de nível	Linha imaginária situada sobre o plano de um <i>site</i> e que liga os pontos com a mesma <i>elevação</i> .
declive ou inclinação	Superfície (natural) inclinada, escavação ou talude. O <i>ângulo</i> segundo o qual uma superfície se desvia da <i>horizontal</i> .
direcção	Percurso ou linha permitindo atingir um destino.
eixo da bolha	Linha horizontal tangente à superfície superior da bolha de água centrada num nível tubular.
elevação	Ângulo vertical situado <u>acima</u> do horizonte. Nivelamento: a distância vertical (comprimento) de um ponto <u>acima ou abaixo</u> de uma altura de referência.
erro	Diferença existente entre o valor observado ou calculado de uma quantidade e o valor ideal ou real derivado de uma condição matemática ou de um dado de referência.

erro (aleatório)	Erro de natureza acidental e que existe em todas as medições. Quanto maior for o erro, menos ocorrerá.
erro (equivoco ou lapso)	Grande discrepância em relação ao valor real de uma medida. Não se trata de um erro <i>normal</i> de medição (<i>aleatório</i>), mas da consequência de uma falta (equivoco).
erro (sistemático)	Erros que se produzem com a mesma ordem de grandeza e o mesmo sinal (sign) para cada medição. Pode ser eliminado através de uma operação mecânica do instrumento ou com o auxílio de uma fórmula matemática.
erro de fecho	<i>Ângulos</i> : diferença de valor entre a soma de uma série de ângulos e a sua soma teoricamente exacta. <i>Azimute</i> : diferença de valor entre dois valores do azimute de uma linha, derivados de níveis topográficos ou de itinerários diferentes. <i>Nivelamento</i> : diferença entre dois valores da <i>elevação</i> do mesmo <i>ponto de referência</i> , derivados de níveis topográficos ou itinerários diferentes.
esquadro de agrimensor	Instrumento simples que tem a mesma função que o esquadro óptico.
esquadro óptico	Dois espelhos (prismáticos) colocados em ângulos opostos de 45° da linha de mira permitindo, simultaneamente, o posicionamento sobre uma linha que

	liga dois pontos visíveis e a projecção de um ângulo de 90° a partir desta linha.
estaca	Pau de madeira com um comprimento de cerca de 30 cm tendo, geralmente, uma parte transversal de 3 ou 4 cm. Serve para marcar provisoriamente os pontos topográficos; mais pequeno que um barrote.
estaca (grossa)	Barrote de madeira que tem a mesma função que uma estaca, mas é maior e mais grossa.
estação	Um ponto do qual se determinou a localização através de métodos topográficos e que, geralmente, se encontra marcado no solo.
exactidão	Grau de conformidade em relação a uma norma ou a um valor aceite. Compreende dois aspectos: <i>precisão</i> e <i>fiabilidade</i> .
fiabilidade	Sensibilidade de um processo de medição dos <i>erros não-aleatórios</i> , como sejam <i>equivocos</i> ou faltas. Depende do grau de <i>redundância</i> aplicado a uma construção geométrica.
fio de prumo (linha do)	1) direcção <i>vertical</i> ; linha perpendicular num plano horizontal. 2) Cordel com um peso na sua extremidade que serve para verificar se um objecto está vertical.

grado (gradiente)	<i>Declive</i> de uma superfície ou de um terreno, em que a subida (ou descida) são expressas como uma relação para com a distância <i>horizontal</i> .
grau	Unidade de medida de ângulos igual a $1/360^\circ$. de um círculo. Unidade de medida da temperatura.
harmonização dos dados	Fornece os meios para se proceder à uma média dos <i>erros aleatórios</i> que ocorrem em todas as medições. Procedimento utilizado para suprimir as incoerências nos dados medidos ou calculados, através da redundância nas medições ou numa <i>rede de controle</i> .
Horizonte	Plano <i>horizontal</i> artificial.
horizontal	Perpendicular à <i>vertical</i> (<i>linha do fio de prumo</i>) num determinado ponto. Nota: um <i>plano</i> horizontal NÃO é a mesma coisa que uma superfície de <i>nível</i> ; o primeiro não apresenta nenhuma curvatura, contrariamente ao segundo. Em relação a distâncias inferiores a algumas centenas de metros, os termos «horizontal» e «de nível» são praticamente equivalentes (mas não iguais).
levantamentos topográficos	Medições feitas para localizar objectos e a elevação de pontos na superfície da terra.
linha de base	1) <i>Triangulação</i> : o lado de um dos triângulos de uma série, que é construí-

do com uma extrema minúcia e a partir do qual se deriva/calcula o comprimento dos outros lados. 2) *Construção*: a linha que é utilizada como linha de referência para a medição de *comprimentos* e *ângulos* para o plano (*lay-out*) de uma construção.

linha de mira

Linha que se estende a partir de um instrumento através da qual se podem ver objectos distintos. A linha recta entre dois pontos.

linhas taquiométricas

Réticula (horizontal) suplementar na óptica de um instrumento, um nível por exemplo. Calcula-se a intercepção dos traços estadiométricos sobre a mira graduada, o que permite determinar o comprimento desde o instrumento até à mira.

mapa

Representação no papel, em escala reduzida, das características de uma parte da superfície da terra, ou, dito de outra forma, de um *site* de construção.

marco ou monumento

Estrutura física que marca a localização de um ponto topográfico.

metro/fita métrica

Fita métrica em aço munida de graduações que serve para medir distâncias. Tem a mesma utilização que a cadeia métrica.

mira de nivelamento

Vara graduada utilizado com um *nível* (*instrumento*) qui permite medir: (1) a

altura da linha de mira; e (2) o comprimento horizontal que separa o instrumento do ponto onde a mira se encontra situada.

nível	1) Sinónimo de <i>horizontal</i> . 2) Aparelho tubular ou circular que indica quando uma linha, um plano ou um instrumento estão nivelados ou na <i>vertical</i> . 3) Instrumento de nivelamento.
nível (de uma mira)	Acessório, sob a forma de um nível esférico, para ser utilizado com uma <i>mira de nivelamento</i> ou uma <i>baliza de referência</i> para se certificar de uma posição <i>vertical</i> .
nivelamento diferencial	O processo de nivelamento consistindo em determinar a diferença de <i>elevação</i> entre dois pontos.
nivelamento indirecto	Medida do <i>ângulo vertical</i> e do comprimento em declive para determinar a diferença de elevação entre o instrumento e um ponto.
nivelamento de um perfil	Determinação da elevação de uma série de pontos ao longo de uma linha definida.
Norte (magnético)	<i>Direcção</i> de referência aquando da utilização de uma bússola para medir os <i>ângulos</i> .
paralaxe	Movimento aparente da <i>retícula</i> provocado pelo movimento do olho.

perfil	Representação gráfica de uma linha sobre a superfície da terra obtida através de <i>nivelamento</i> e <i>traçado/delineação</i> .
plano	Superfície rectilínea (sem curvas) de tal modo que uma linha recta ligando quaisquer dois dos seus pontos está completamente dentro dessa superfície.
plano de construção	Estudo efectuado para localizar no solo as estruturas previstas.
ponto	Sinónimo de estação.
ponto de referência	Um objecto relativamente permanente do qual se conhece a elevação e que se utiliza como altura de referência para o nivelamento.
ponto de reversão	Ponto temporário cuja elevação é determinada por um nivelamento diferencial.
precisão	Aproximação de uma medida em relação a uma outra, ver explicação de erro aleatório. Indica o grau de minúcia/refinamento do processo de medição.
prolongamento	Alongamento ou extensão de uma linha na mesma direcção.
ré da da mira	Durante a medição de <i>ângulos</i> : o visor sobre um ponto considerado como a <i>directção</i> de partida («de») do ângulo. <i>Ni-</i>

	<i>velamento</i> : visor sobre a <i>mira de nível</i> sustida num ponto em que se conhece a <i>elevação</i> , permitindo determinar a <i>altura do instrumento</i> (A.I).
rede de controle	Pode ser <i>horizontal</i> e <i>vertical</i> . Uma série de pontos ligados por comprimentos e <i>direcções</i> (ou <i>alturas</i>), que serve de estrutura comum a todos os pontos no <i>site</i>
redundância	Numa construção geométrica: o número de valores medidos (supérfluos) que ultrapassa o número mínimo de valores teoricamente necessários para realizar uma construção.
régua de nivelamento	Também chamada vara de <i>agrimensor</i> . Viga de madeira horizontal fixada a um pau ou a uma vara na posição vertical, a uma altura específica (pretendida). Utilizada para implantar, traçar, colocar pontos de <i>altura</i> ao longo de alguns ângulos em <i>declive</i> ou <i>gradientes</i> .
retícula	Conjunto de fios ou de linhas gravadas, colocadas num telescópio para permitir a mira. Ver, também, linhas taquiométricas.
superfície de nível	Superfície em que todos os pontos se encontram à mesma <i>elevação</i> e perpendiculares à direcção (<i>vertical</i>) da gravidade.

tabuletas de referência	Tábuas colocadas nos cantos de um edifício para estender os fios ou cordéis que marcam os limites da construção.
topografia	A arte e a ciência de determinar a posição relativa de pontos na superfície da terra ou acima ou abaixo, através da medição de ângulos, de distâncias e de elevações.
traçado/delineação (de um mapa)	Transferência dos dados topográficos constantes dos apontamentos tirados no terreno, para o papel.
vante da mira	<i>Ângulos</i> : o visor sobre a direção do ponto mais alto (“para”) do ângulo. <i>Nivelamento</i> : o visor sobre a mira de nível a fim de determinar a <i>elevação</i> e de um ponto.
vertical	Direção na qual se exerce a força da gravidade (linha do <i>fio de prumo</i>).
visor	Dispositivo que permite visar, utilizando um instrumento, como seja uma bússola ou um <i>instrumento de nivelamento</i> .
zénite	Ponto vertical situado acima de um dado ponto sobre a terra.