

Dois Instrumentos de Pedro Nunes

Texto de Nuno Crato

Departamento de Matemática do Instituto Superior de Economia e Gestão, Lisboa

Ilustrações de Susana Nápoles

Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Nas suas obras, Pedro Nunes sugeriu vários instrumentos de medida que imaginava serem úteis para a navegação astronómica. De entre as suas concepções, há sobretudo três que perduraram e vieram a contribuir para o progresso da instrumentação científica: o Nónio, o Instrumento de Sombras e o Anel Náutico. O primeiro destes encontra-se descrito com pormenor e rigor em vários trabalhos acessíveis, nomeadamente Carvalho (1961) e Reis (1999). O mesmo não acontece em relação aos outros dois instrumentos, que serão aqui discutidos.

O Anel Náutico - Uma Aplicação Engenhosa da Geometria

Com o objectivo de permitir um maior rigor na medição da altura do Sol, Pedro Nunes imaginou um instrumento que ficou conhecido como anel náutico, anel astronómico ou anel graduado. A sua ideia vem descrita numa obra que fez publicar em 1573 em Coimbra, *De arte atque ratione navigandi libri duo*, onde o matemático lhe chama apenas astrolábio, pois a sua forma é muito semelhante à de um astrolábio náutico a que se retire a cruzeta central.

O instrumento compunha-se simplesmente de um anel dotado de uma argola de suspensão que permitia mantê-lo na vertical. Possuía um orifício muito pequeno a 45° desse ponto de suspensão. Era alinhado de forma a deixar a luz do Sol passar por esse orifício e projectar-se sobre o inte-

rior do anel, que estava graduado. A altura do Sol era medida nessa escala.

Na Figura 1 mostra-se um esquema do anel náutico baseado numa ilustração que Manuel Pimentel inseriu na sua obra *Arte de Navegar*, publicada em Lisboa em 1712. As primeiras ilustrações que apareceram, tanto a original de Pedro Nunes de 1573 como a reprodução seguinte que se conhece, do *Regimiento de Navegación* do espanhol André Garcia de Cespedes, publicado em Madrid em 1606, são demasiado esquemáticas.

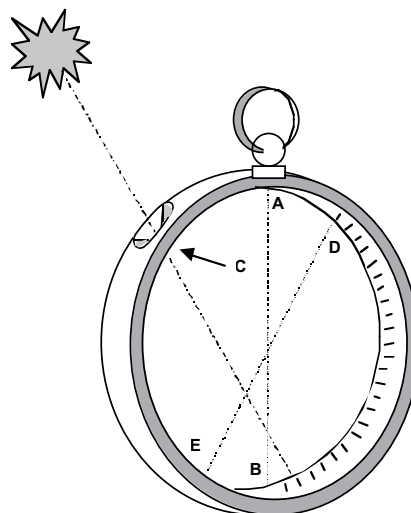


Figura 1. O anel náutico permitia ler a altura do Sol na escala graduada marcada no interior do anel, no arco EBD. A luz do Sol passava através do orifício C e projectava-se nessa escala. Suspenso pela argola A, a linha AB mantinha-se na vertical. Desta forma, se o Sol se encontrasse no zénite a luz seria projectada no ponto E, marcando a altura de 90° . Se se encontrasse na linha de horizonte a sua luz seria projectada no ponto D, marcando a altura de 0° .

Pedro Nunes dá várias indicações práticas para a construção do instrumento. Indica que a espessura do anel devia ser de «um dedo» (medida da época que equivale a pouco menos de 2 cm), e insiste em que o orifício devia ter o menor diâmetro possível. Explica que era necessário «cortar uma certa porção em forma de ângulo», de forma que a luz pudesse passar pelo orifício, qualquer que fosse a posição do Sol. E diz que, «por causa daquela porção de metal que foi retirada do instrumento, o mesmo círculo fica menos pesado» desse lado; para o manter exactamente na vertical seria pois necessário compensar esse perca de peso e «retirar a mesma quantidade de metal da outra parte».

A vantagem do anel náutico sobre um astrolábio normal seria, segundo Nunes, que as marcas na escala EBD «são neste instrumento duas vezes maiores do que seriam se sobre o centro rodasse uma alidade, como vemos no astrolábio habitual».

O anel náutico baseia-se numa propriedade geométrica que Euclides demonstra na proposição 20 do livro III dos seus *Elementos* e que Nunes expressamente refere dizendo que o ângulo «que está na circunferência do círculo contém um arco duplo do que tem vértice no centro». Em linguagem moderna, dir-se-á que o ângulo ao centro, isto é, com vértice no centro do astrolábio, é duplo do ângulo inscrito, isto é, com vértice no ponto C.

O anel náutico representa uma aplicação engenhosa da geometria e foi louvado por alguns estudiosos da época. No entanto, tinha um inconveniente que tornava ilusória a vantagem imaginada por Nunes: por mais diminuto que fosse o orifício, a luz projectada pelo Sol no interior do arco graduado nunca se podia reduzir a um ponto, dado que a nossa estrela não nos aparece como um ponto, mas sim como um disco. Como esse disco tem um diâmetro de cerca de meio grau, a imagem projectada ocupa pelo menos meio grau, o que reduz a precisão do instrumento. Esse inconveniente já não existiria no caso de se pretender medir a altura de estrelas, mas a luminosidade destas não é suficientemente forte para se projectar visivelmente através no arco graduado.

No invento de Nunes parece vislumbrar-se uma caracte-

terística comum a muitos dos seus trabalhos. O cosmógrafo possui um domínio da geometria e da matemática que o leva a conceber instrumentos imaginativos e potencialmente úteis. No entanto, admite-se que a sua inexperiência na utilização de instrumentos leve a que as suas propostas não sejam tão eficazes como imaginava. Muitas ideias base de Pedro Nunes, no entanto, podem e vêm mais tarde a ter aplicações frutuosas. Assim aconteceu com este instrumento, que não se revelou útil à navegação, mas que deu origem a vários outros, entre os quais o chamado semicírculo graduado. Este último estava dotado de uma mira móvel que permitia apontar para uma estrela e ler a sua altura numa escala semelhante à do anel náutico. A ideia da duplicação do ângulo na escala de medida revelou-se, afinal, uma ideia frutuosa.

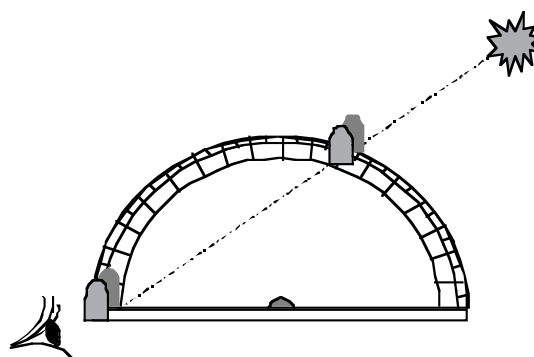


Figura 2. Esquema de funcionamento do semicírculo graduado.

Triângulos e círculos - o Instrumento de Sombras

Entre outros instrumentos sugeridos por Pedro Nunes para a medida das alturas do Sol, houve um que se tornou célebre pela aplicação que dele fez D. João de Castro (1500-1548), o grande intelectual viajante do século XVI. Trata-se de um instrumento simples, semelhante a um relógio de sol, mas com uma inovação muito engenhosa que permitia fazer directamente as medidas das alturas através das sombras projectadas pelo Sol.

Com a tecnologia moderna, é fácil construir um instru-

mento que leia de forma imediata as alturas. Basta, por exemplo, construir uma base com uma estaca na vertical e estabelecer marcas na base que transformem o comprimento da sombra em alturas angulares. Mas isso implica que as marcas não estejam espaçadas uniformemente, pois o comprimento da sombra não é proporcional à altura angular e sim à sua co-tangente. Enquanto o Sol está perto da vertical, o comprimento da sombra pouco varia; à medida que se aproxima do horizonte, a sombra aumenta rapidamente. Graduar uma escala que traduza em alturas angulares o comprimento da sombra não traz hoje quaisquer dificuldades. Na época, contudo, não era tarefa fácil, que se pudesse confiar aos artífices. Se estes tinham já dificuldade em dividir um ângulo recto em 90 partes iguais, maiores problemas teriam para construir uma escala graduada de forma não uniforme. Pedro Nunes procurou pois uma maneira de transferir a sombra do Sol para um círculo graduado em graus que se encontrasse numa base plana. Se pensarmos um pouco na maneira de resolver o problema, veremos que não é fácil inventar uma solu-

ção. O instrumento de Nunes é de uma grande simplicidade, mas de um enorme engenho geométrico.

A base era uma placa, normalmente quadrada, onde se inscrevia um círculo e se traçava uma tangente a esse círculo. Montado sobre o círculo estava uma placa semelhante a um estilo ou gnómon, como nos relógios solares, na forma de um triângulo rectângulo isósceles, com os catetos de comprimento igual ao raio do círculo. O triângulo tinha um cateto assente sobre o raio do círculo que tocava na recta tangente, como se vê na figura. Traçava-se no círculo um diâmetro paralelo à tangente e graduava-se a circunferência de 0° para 90° , nas direcções do diâmetro para o ponto da tangente. Com essa graduação mediam-se directamente as alturas do Sol. Se se quisesse medir distâncias zenitais, graduar-se-ia o círculo do ponto tangente para o diâmetro.

Para medir a altura do Sol, começava-se por colocar a base do instrumento na horizontal. Rodava-se depois essa base até que o bordo da sombra do triângulo coincidisse com a recta tangente. A altura do astro lia-se directamente no círculo graduado.

Timberlake Consultores

Software de Matemática, Estatística e Econometria

Como representante dos produtos Waterloo Maple em Portugal, temos o prazer de anunciar que já se encontra disponível a última versão do software Maple.

maple.8



Para mais informações,
não hesite em contactar-nos:

Tel. 214 307 340
timberlake.co@mail.telepac.pt
www.timberlake.co.uk

Top 5 reasons to upgrade to Maple 8

- Maplets™, an exciting new package that lets you customize the Maple graphical user interface;
- A new library of over 13.000 pre-defined scientific and physical constants;
- New mathematics including numerical solutions to PDEs with boundary conditions, calculus of variations, vector calculus;
- A comprehensive calculus student package that offers new tools to explore, teach, and visualize essential calculus concepts;
- A wealth of worksheet improvements including spell-checker, interactive plot builder, display control for numerical precision, e-mailing of worksheets, and more.

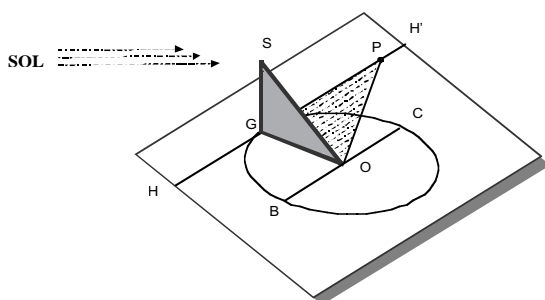


Figura 3. O instrumento de sombras de Pedro Nunes é constituído por uma base horizontal onde se fixa verticalmente uma placa em forma de triângulo rectângulo isósceles. Um dos catetos desse triângulo coincide com o raio OG, perpendicular à tangente HH', outro fica na vertical sobre o ponto G. Marca-se o diâmetro BOC paralelo à tangente HH' e gradua-se a circunferência de B para G e de C para G. Para medir a altura h do Sol, roda-se o conjunto até que a sombra do cateto GS, perpendicular à base, se alinhe com a tangente HH'. O ângulo h é igual ao ângulo horizontal h' (GPO) pois os triângulos OGP e SGP são iguais (são ambos rectângulos, têm um cateto comum, GP, e dois iguais: SG = OG). Por sua vez, o ângulo h'' (COP) é igual a h' pois são ângulos alternos internos nas paralelas HH' e BC.

O princípio geométrico deste instrumento é simples, mas só depois de descoberto. Os raios de sol fazem um ângulo com o plano horizontal que corresponde à altura angular do astro. Ao colocar a placa de forma a fazer coincidir a sombra com a recta tangente, esse ângulo é transferido para a placa horizontal, onde se lê directamente.

Pedro Nunes chamou ao seu aparelho «instrumento jacente no plano» e foi D. João de Castro que o designou por «instrumento de sombras». Este fidalgo dá-nos notícia da sua utilização prática no seu *Roteiro de Lisboa a Goa*, obra que fez publicar em 1538. Na sua viagem testou repetidamente o aparelho, tal como um outro, também referido como instrumento de sombras, e que se destinava a determinar a declinação da agulha magnética, isto é, o seu desvio em relação ao norte verdadeiro. Esse outro instrumento foi também sugerido por Pedro Nunes, mas Francisco Faleiro, que com o seu irmão Rui esteve associado à viagem de Fernão de Magalhães, apresentara antes a mesma proposta, pelo que dele não nos ocuparemos aqui.

O objectivo central dos testes de D. João de Castro era pôr à prova uma regra que Pedro Nunes tinha sugerido para medir «a altura do Sol a toda a hora» e que se baseava em duas alturas solares extrameridianas. Uma semana após

ter saído de Lisboa na sua primeira viagem à Índia, o nobre português mediu a altura do Sol em dois momentos diferentes e calculou encontrar-se a $29^{\circ} 30'$ de latitude norte. Pouco depois, o piloto obteve $29^{\circ} 20'$ pelo regime habitual de medição da altura do Sol ao meio dia e ficou «muito espantado», como o relata D. João de Castro, ao abrir o «escrito cerrado» que este lhe enviara e ver nele a indicação correcta da latitude. O procedimento de Pedro Nunes e as medidas do instrumento de sombras voltaram por várias vezes a dar bons resultados durante a viagem, pelo que Castro não cessou de lhe tecer louvores. Apesar disso, o instrumento não se difundiu entre os pilotos e só se volta a ter dele notícia mais de cem anos depois, quando outro autor, António Carvalho da Costa, o ressuscitou com algumas alterações na sua obra *Via Astronómica*, publicada em Lisboa em 1676 (V. Albuquerque 1988).

Apesar dos louvores de D. João de Castro, é natural que os pilotos tivessem preferido continuar a utilizar os regimentos clássicos de medida da latitude pela altura do Sol ao meio dia ou, de noite, pela das estrelas. Esses processos eram mais práticos, pois davam a latitude através de uma medida única, a que se seguiam cálculos fáceis de efectuar por consulta das tabelas. Como o instrumento de sombras apareceu sobretudo associado à avaliação da latitude através de duas medidas de alturas, e como os cálculos são muito mais morosos com esse método, é natural que o invento de Pedro Nunes tenha caído no esquecimento.

Referências Bibliográficas

- Albuquerque, Luís de (1988). *Instrumentos de Navegação*, Lisboa, Comissão Nacional para as Comemorações dos Descobrimientos Portugueses.
- Carvalho, Rómulo de (1961). «Posição histórica da invenção do nónio de Pedro Nunes», *Palestra* 9, Lisboa, agora in *Rómulo de Carvalho - Colectânea de Estudos Históricos (1953-1994)*, Évora, Universidade de Évora 69-99.
- Reis, António Estácio dos (1999). «O Nónio de Pedro Nunes», *Oceanos* 38, 66-80.