

## Galileu e o Telescópio

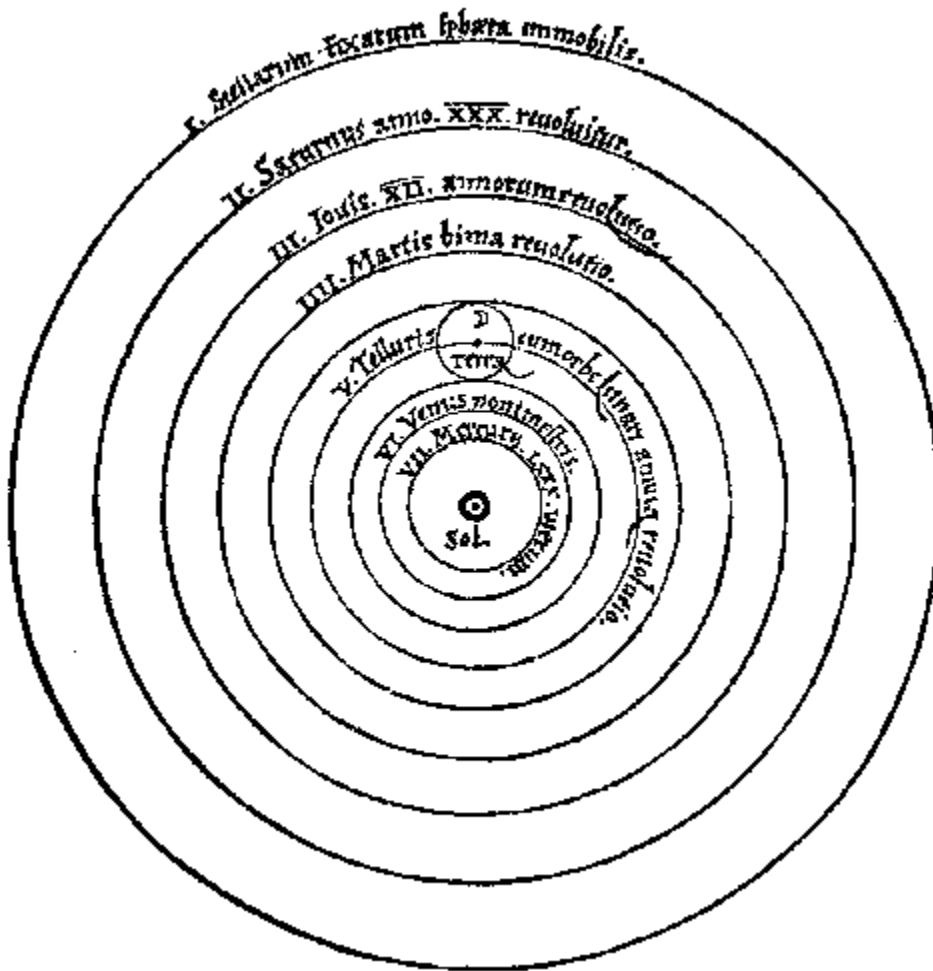
Michael Fowler

Universidade de Virgínia, Departamento de Física

### Copérnico desafia o Modelo de Ptolomeu

O modelo de Ptolomeu sobre o Sistema Solar foi quase universalmente aceite nos mil e quatrocentos anos após ter surgido, e foi posto em causa em 1530 por Copérnico (o seu nome real era: Nicolaus Koppernigk), um matemático e astrónomo filho de pai polaco e mãe alemã.

O modelo de Copérnico do Sistema Solar tinha o Sol no centro, e a Terra a orbitar em torno dele, tal como os outros planetas.



A imagem anterior reporta-se à publicação original. Repare que a única exceção à regra do movimento em torno do Sol é a Lua, que continua neste modelo a orbitar a Terra. Uma objeção a este modelo era o argumento de que, se a Terra era de facto outro planeta, como poderia ser o único com uma Lua?

Outras objeções baseavam-se no ponto de vista aristotélico – era difícil acreditar que todos os outros planetas eram compostos pelo éter, enquanto a Terra era composta pelos restantes quatro elementos<sup>1</sup>, uma vez que se comportavam de modo semelhante. Uma outra objeção, que tinha sido levantada há já muito

<sup>1</sup> Os quatro elementos são Terra, Fogo, Ar e Água.

tempo por Aristóteles à ideia de uma Terra com movimento de rotação, referia que se assim fosse, esse movimento levaria a que a Terra projetasse fragmentos para o espaço e, além do mais, qualquer objeto atirado ao ar cairia no solo a Oeste do ponto de lançamento.

Apesar destes problemas, o Papa Clemente VII aprovou um resumo do trabalho de Copérnico em 1530, e pediu uma cópia do trabalho quando este estivesse completo, o que não ocorreu até 1543, o ano da morte de Copérnico.

À medida que o modelo de Copérnico se foi tornando mais conhecido, começaram a surgir dúvidas. Se o universo tinha, apesar de tudo, sido criado para a humanidade, porque não estava a Terra no centro? Um revolucionário intelectual chamado Giordano Bruno aceitou o modelo de Copérnico, e resolveu ir mais longe, afirmando que as estrelas estavam espalhadas por um espaço infinito, não apenas num espaço exterior próximo, e que existiam definitivamente outros mundos habitados. Bruno foi queimado na fogueira em 1600.

O grande avanço que levou à aceitação da teoria de Copérnico deveu-se a Galileu, com um avanço tecnológico e não conceptual. Foi a utilização cuidada e inteligente do telescópio por parte de Galileu que persuadiu as pessoas a aceitar que a Lua era muito parecida com a Terra e, de certo modo, também os outros planetas.

### **A Evolução do Telescópio**

*(Este texto é em grande parte um resumo da excelente introdução de Van Helden no livro Sidereus Nuncius – O Mensageiro Sideral – University of Chicago Press, 1989.)*

A primeira utilização conhecida de uma lente de vidro, de apoio à leitura, data de 1200, por Roger Bacon, em Oxford. Provou ser uma grande mais valia para os estudiosos de idade mais avançada, muitos dos quais haviam sido forçados a aposentar-se relativamente jovens. A ideia espalhou-se pela Europa e artesãos italianos começaram a produzir óculos para pessoas de idade avançada, antes do ano de 1300, (lente, em italiano significa lentilha, assim chamadas devido à forma do vidro) e para corrigir a miopia em pessoas mais jovens cerca de cento e cinquenta anos mais tarde. Os óculos produzidos para as pessoas de idade, capazes de ver bem a longas distâncias, possuíam lentes *convexas* (convergentes), com uma curvatura (), enquanto que os óculos necessários aos jovens com dificuldades em ver objetos longínquos possuíam lentes *côncavas* (divergentes), mais finas no meio do que nas extremidades e com forma ), e por isso mais frágeis e difíceis de produzir. A primeira vez, tanto quanto sabemos, que alguém juntou duas lentes para construir um instrumento ótico semelhante a um telescópio foi em 1608, na Holanda. O inventor dos óculos usados na ópera, com características semelhantes a um telescópio, foi Lipperhey. Contudo, este não foi capaz de patentear a sua invenção, por ser considerada muito fácil de reproduzir. Talvez o motivo pelo qual não tenham sido construídos anteriormente resida no facto de, para se obter ampliação, ser necessário uma lente côncava com uma potência focal maior que a da lente convexa e, habitualmente, as lentes mais utilizadas eram ao contrário.

Galileu teve conhecimento desta invenção na Primavera de 1609, e tentou imediatamente melhorá-la. Viu-a como um caminho possível para ultrapassar as suas dificuldades financeiras. Ele era o filho mais velho, e por isso era responsável pelo dote das suas irmãs mais novas. Também tinha três filhos a seu cargo. Nessa altura, era Professor de Matemática na Universidade de Pádua, na República de Veneza. Rapidamente conseguiu construir um sistema que ampliava 3 vezes a imagem, o que muitos já tinham conseguido fazer anteriormente. Galileu era um excelente experimentalista, e ao trabalhar com diferentes lentes, apercebeu-se que a ampliação era proporcional à razão entre o poder de ampliação da lente côncava (junto ao olho) e o da lente convexa (mais distante do olho). Por outras palavras, para obter uma maior amplificação, Galileu necessitava de uma lente muito divergente – uma lente côncava com uma distância focal reduzida - e de outra pouco convergente – uma lente convexa com uma distância focal elevada. O problema era o facto de na altura apenas se construírem lentes dentro de um reduzido intervalo de potências focais, e a ampliação máxima possível de obter com estas lentes era de aproximadamente três. Galileu aprendeu então a polir as suas lentes e, em meados de Agosto, conseguiu obter uma ampliação linear de aproximadamente nove

vezes, o que se revelou um progresso muito significativo face aos instrumentos existentes na altura. Apresentou as suas descobertas ao Senado de Veneza, tendo efetuado uma demonstração do funcionamento da luneta aos muitos senadores que subiram às torres mais altas de Veneza para observarem os navios distantes através das lentes, tendo ficado muito impressionados pelo óbvio potencial militar da invenção.

Galileu escreveu então uma carta ao *Doge*<sup>2</sup>:

*Galileu Galilei, um humilde servo de Vossa Alteza, estando diligentemente atento, com todo o seu espírito, não apenas aos deveres inerentes à docência de matemática na Universidade de Pádua, mas também a trazer extraordinários benefícios a Vossa Alteza, com um útil e notável invento, que apresento perante Vós, um instrumento de vidro, saído das mais reconditas especulações da perspectiva, que torna os objetos visíveis tão próximos do olho e os representa de forma tão distinta que aqueles que se encontram à distância de, por exemplo, nove milhas, aparentam estar a apenas uma milha de distância. Este invento pode trazer inestimável benefício a todas as transações e empreendimentos marítimos ou terrestres, permitindo-nos no mar descobrir, a uma distância muito maior que a habitual, os cascos e velas do inimigo, de modo a que possamos detetar a sua presença mais de duas horas antes de ele nos detetar a nós...*

Galileu conclui a carta com um pedido:

*...(o telescópio é) um dos frutos da ciência que ensinou, nos últimos 17 anos, na Universidade de Pádua, com a esperança de continuar com o seu trabalho para poder apresentar-Vos maiores descobertas, se tal agradar ao Bom Deus e a Vossa Alteza que ele, de acordo com o seu desejo, passe o resto da sua vida ao Vosso serviço.*

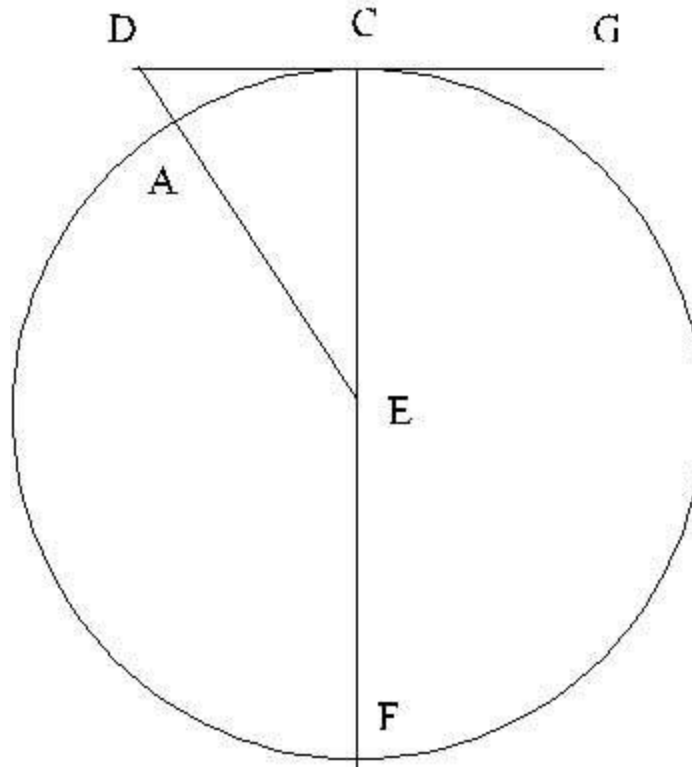
Foi-lhe garantido trabalho e um salário razoável, mas a má notícia viria depois, uma vez que não lhe foram feitas novas conceções para além da inicial.

## **Montanhas na Lua**

A maior descoberta astronómica de Galileu com o seu telescópio foi o facto de a superfície da Lua ser montanhosa, contrariando as vozes da época que afirmavam que a Lua era perfeitamente esférica (ver os seus desenhos em *Sidereus Nuncius*). Construiu uma argumentação forte e convincente para justificar as suas observações, ao esboçar a aparência de partes da superfície da Lua em diferentes alturas do mês, isto é, sob diferentes ângulos de luz, e mostrando como a luz e as sombras observadas eram simplesmente devido à topografia da Lua, oferecendo uma alternativa incómoda e pouco apelativa à teoria prevalecente na época, que afirmava que as variações de luz se deviam a algo contido no interior da esfera perfeita (a Lua). Esta descoberta provocou alguma excitação, pois Galileu foi capaz de estimar a *altura das montanhas da Lua*, ao observar, na região não iluminada da Lua, o quão longe da superfície os pontos brilhantes podiam ser observados.

---

<sup>2</sup> *Doge* é a denominação do primeiro magistrado da denominada República de Veneza.



Quando a Lua se encontra nas posições de Quarto Crescente ou Quarto Minguante, um pouco de geometria é suficiente para determinar a altura das montanhas! O próprio Galileu forneceu um exemplo: suponha que um ponto brilhante, presumivelmente o topo de uma montanha, é visível a cerca de  $1/20$  do diâmetro da Lua, na região não iluminada, quando esta se encontra em Quarto Crescente ou Quarto Minguante. A representação deste exemplo encontra-se na imagem anterior (retirada de *Sidereus Nuncius*). A luz proveniente do Sol ilumina por completo a metade direita da Lua e, por exemplo, o topo da montanha representado pelo ponto **D**. (**CGD** representa um raio de Sol.) Se a base da montanha, verticalmente abaixo de **D**, for **A**, e **E** corresponder ao centro da Lua, o problema equivale ao de descobrir a que distância se encontra o horizonte de um observador com uma determinada altura, e que se encontra numa praia plana. Estes problemas podem ser resolvidos utilizando o teorema de Pitágoras, sendo o centro da Lua, **E**, um dos pontos do triângulo, **EDC**.

Um problema na afirmação da existência de montanhas na Lua residia no *contorno suave e arredondado* da Lua, para o qual Galileu forneceu dois argumentos. O primeiro argumento referia que a sucessão de elevações na superfície da Lua (umas por trás das outras) tenderia a *preencher os espaços em branco, dando a impressão de que a Lua era efetivamente uma esfera perfeita* - este argumento está correto. O segundo argumento referia que talvez a imagem que recebemos fosse de algum modo distorcida pela atmosfera da Lua – este argumento está errado<sup>3</sup>.

A próxima grande descoberta de Galileu começou com uma observação, a 7 de Janeiro de 1610, do que julgou ser um curioso conjunto de pequenas *estrelas* fixas próximas de Júpiter e, de facto, colineares com o planeta. Estas estrelas eram invisíveis a olho nú. Galileu observou Júpiter novamente em noites sucessivas e, por volta da 15.<sup>a</sup> noite, percebeu que aquelas três pequenas estrelas não eram estrelas mas sim *luas* de Júpiter, que orbitavam o planeta com períodos da ordem de dias. Esta descoberta causou ainda mais consternação que a desmistificação da Lua. Sete era um número sagrado, e havia sete planetas (ou *estrelas móveis*). As luas de Júpiter deitavam por Terra essa visão do Universo. Para além disso sugeriam que os corpos celestes podiam orbitar outros corpos que não o centro do Universo, que se entendia ser a Terra.

<sup>3</sup> A Lua não possui atmosfera.

Esta descoberta tornava mais plausível o argumento de Copérnico, que afirmava que a Lua orbitava em torno da Terra, e a Terra orbitava em torno do Sol.

Uma vez mais, a habilidade de Galileu foi admirável. Num golpe de mestre de relações públicas, nomeou os satélites de “estrelas Medicis”, em honra dos Medici, Duques da Toscana, a quem pediu a posição de Matemático da corte. Galileu enviou o seu mais recente telescópio, com uma ampliação de 20 vezes, ao Duque, para que este pudesse examinar cuidadosamente as estrelas com o nome da sua família, bem como as aplicações militares de tal descoberta.

© Michael Fowler, Universidade de Virgínia

**Casa das Ciências 2013**

Tradução/Adaptação de Nuno Machado e Manuel Silva Pinto

