

GALILEU E A SUA IMPORTÂNCIA EPISTEMOLÓGICA

RICARDO BRUNO FERREIRA*

Galileu foi sem dúvida um marco importante do período renascentista. As suas descobertas em mecânica e as teses por si defendidas em astronomia são os aspectos mais divulgados actualmente de toda a sua vasta obra¹. No entanto, a revolução que as metodologias por si seguidas vieram causar ao conhecimento científico têm que ser vistas como, pelo menos, tão importantes quanto o são os resultados a que chegou.

O objectivo deste trabalho passa assim por ilustrar não só a importância da mecânica na investigação científica de Galileu e as suas principais descobertas mecânicas, mas também por demonstrar a revolução que a metodologia de Galileu trouxe ao processo de construção do conhecimento científico.

MECÂNICA E EPISTEMOLOGIA

A forma como Galileu se dedicou ao estudo da mecânica é uma boa forma de começar por ilustrar a especial dedicação e interesse que lhe veio a dedicar. Seu pai pretendia que Galileu estudasse medicina² e, assim o fez. Porém, segundo contam as histórias em torno do assunto, Galileu terá assistido, quase que por acaso, a uma lição de geometria. Nessa lição ter-se-á apaixonado pelo tema e, posteriormente terá conseguido convencer o pai a autorizá-lo a mudar a área de estudos.

Um dos princípios que começou por caracterizar o trabalho de Galileu nos seus estudos de fenómenos mecânicos foi o da *quantificação*. Em verdade, começou por desenvolver um esforço no sentido de representar as realidades observadas por unidades mesuráveis. Este princípio de necessidade de quantificação tinha como principal objectivo o de conseguir estabelecer relações matemáticas que, mais tarde, permitiriam estabelecer leis gerais generalizáveis a casos ou acontecimentos similares. No fundo encontra-se já aqui uma das principais influências de Galileu para a epistemologia, o do método científico de induzir leis tendo por base observações mesuráveis da realidade. Mas a este assunto voltaremos no final do texto.

* Professor Adjunto na Escola Superior Agrária de Elvas do Instituto Politécnico de Portalegre.

¹ Como é disso exemplo o *Caso de Galileu*, que nos retrata a forma como a Igreja reagiu às teses defendidas por Galileu.

² As diferenças entre os honorários de um físico e de um médico não são recentes. Provavelmente terá sido esta uma das principais explicações para esta opção paterna.

Os trabalhos de Galileu em mecânica foram vastos e marcantes de uma viragem na forma de analisar o comportamento físico dos objectos. A primeira das suas grandes descobertas veio a dar origem à *Lei do Pêndulo*. Esta deu-se em 1581, durante uma cerimónia religiosa. Durante o decorrer do ritual Galileu começou a observar o lento balouçar de um candeeiro. Utilizando o pulsar do seu próprio coração como medida de tempo verificou que a frequência das idas e vindas do candeeiro seria constante. Confirmou as suas conclusões mais tarde construindo os seus próprios pêndulos. Repare-se que estão aqui dois aspectos importantes. Um primeiro é indiscutivelmente a descoberta da lei do pêndulo. Porém, um segundo, mas não menos importante, é o facto de esta ter partido da observação de um fenómeno em particular (o candeeiro na Igreja), quantificada por uma unidade matemática (o tempo entre duas pulsações), passando pela formulação de uma hipótese e sendo concluída com a experimentação para confirmar a hipótese. No fundo, todo o método científico moderno.

Outro dos assuntos em que Galileu veio marcar um ponto de viragem foi no respeitante à queda de objectos. O pensamento Aristotélico defendia que dois objectos com pesos diferentes caíam a velocidades também diferentes. A explicação dada assentaria no facto de o corpo mais pesado ter mais interesse em deslocar-se para o seu lugar natural. Embora estas conclusões coincidissem com as observações feitas até à data³, há que salientar que tais observações nada tinham a ver com a aceitação da teoria.

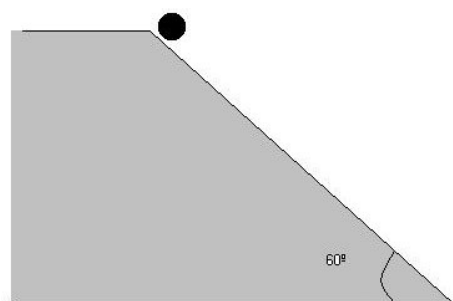


Figura 1 – Bola em plano de 60°

Todo o pensamento Aristotélico repudiava a observação como método para estabelecer regras. Contrapondo-se a esta teoria até então aceite pela generalidade dos estudiosos, Galileu vem demonstrar que dois corpos com pesos diferentes caem a

³ De facto uma pedra cai mais depressa do que uma pena. Se bem que o que causa a diferença de velocidades seja a resistência ao ar e não a diferença de pesos.

velocidades iguais, desde que não esteja envolvido o atrito imposto pelo ar. Novamente, Galileu baseou as suas conclusões em experiências. A lenda vulgarmente aceita aponta para que esta experiência tenha sido feita através do lançamento de balas de canhão de diferentes pesos da Torre de Pisa.

Não se sabe ao certo se esta experiência terá de facto ocorrido ou se terá sido uma figura de estilo usada mais tarde por outros autores para descrever a forma como “o barulho das duas bolas atingindo o chão na mesma fracção de segundo matou a física Aristotélica”⁴.

Mas sabe-se que houve experiências envolvidas. De facto, a experiência da queda livre dos objectos envolvia uma grande dificuldade com a medição do tempo que durava a queda.

A forma que Galileu encontrou para solucionar este problema terá sido estudando o rolar de bolas por planos inclinados, ao invés da queda livre de objectos. Assim, conseguiu suavizar a queda e, conseqüentemente, minimizar o problema da falta de exactidão das medidas de tempo. As figuras 1 e 2 ilustram uma bola rolando por 60° que cairá ao plano de 30° com velocidades inferiores.

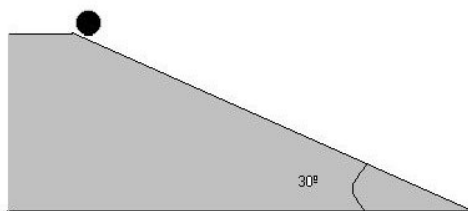


Figura 2 – Bola em plano de 30°

Este conjunto de experiências por planos levou a outra conclusão, *i.e.*, a de que um objecto em queda livre terá uma velocidade de aceleração constante. Mais uma vez a experiência veio com Galileu contrapor as verdades absolutas do abstraccionismo aristotélico.

Este conjunto de experiências com bolas a rolar inclinados terá importante a de que um

Segundo este último para que um objecto se mantivesse num movimento constante haveria a necessidade de lhe ser aplicada uma força constante. Ora a experiência das bolas rolando demonstra que, sendo aplicada uma força constante (neste caso a gravidade), obtemos uma aceleração constante e não uma velocidade constante⁵.

⁴ Wilson (1996), tradução do autor.

⁵ É também anulada, assim, a necessidade de uma força celestial para manter o constante movimento dos planetas. Esta simples experiência vinha assim acabar com a necessidade do “Motor Primeiro” de Aristóteles causando um grave revés ao universo aristotélico.

O conjunto de retiradas por experiências veio para as leis do Newton mais tarde

As conclusões retiradas suas experiências se resumem às apresentadas. Entre como um corpo influenciado de duas

simultaneamente, novamente contrapondo as ideias aristotélicas. Esta conclusão aplicou-a particularmente no estudo do movimento de uma bala de canhão. Segundo a mecânica aristotélica a bala seria impulsionada primeiramente pela força da explosão, seguindo uma linha recta que seria a continuação do cano do canhão e, apenas quando esta força se esgotasse entraria em acção a gravidade fazendo a bala cair. Assim, o movimento da bala de canhão seria descrito pela hipotenusa e pelo cateto mais curto de um triângulo cujo cateto maior seria a distância do canhão ao ponto onde a bala cairia (fig.3).

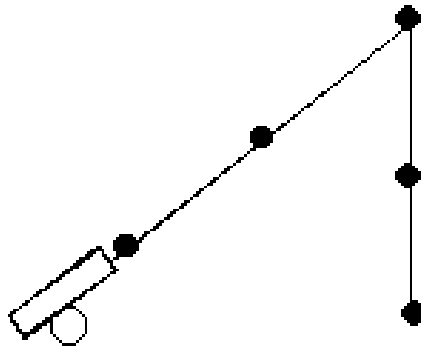


Figura 3 – Bala de Canhão de Aristóteles

conclusões Galileu destas criar as bases movimento que enunciaria.

por Galileu das mecânicas não anteriormente pode sofrer forças

Galileu contrapôs afirmando que as duas forças actuariam em simultâneo.

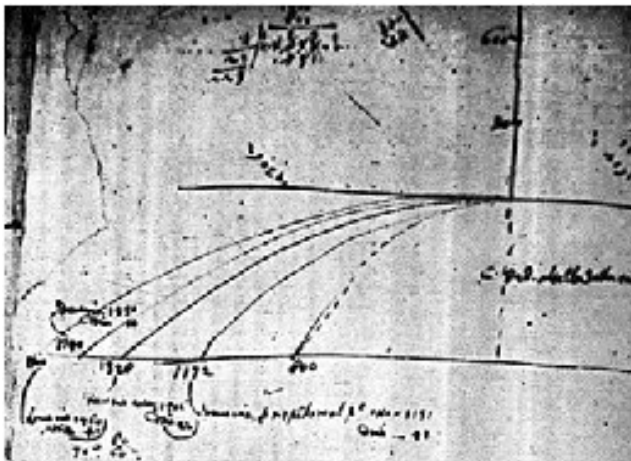


Figura 4 – Bala de Canhão de Galileu

Assim, o movimento descrito pela bala de canhão, ao invés de dois lados de um triângulo, seria uma parábola (fig. 4). Embora para um leigo isto possa parecer um preciosismo, a conclusão é

extremamente importante pois, tendo bem definido o real movimento da bala de canhão, tornou-se possível controlar com alguma exactidão disparos. Foram estes estudos que deram origem ao estudo da artilharia militar como uma ciência.

Estas descobertas de Galileu sobre a acção de duas forças simultâneas sobre o movimento de um objecto vieram introduzir uma nova forma de raciocínio mecânico. Introduziu-se assim no pensamento científico, a ideia de que todos os movimentos poderiam ser explicados com uma combinação de forças lineares a puxarem ou empurrarem simultaneamente o objecto em análise. Esta ideia veio servir de base a toda a mecânica que viria a ser formalizada mais tarde por Newton e que só viria a ser contraposta já no século XX por Einstein.

As principais descobertas de Galileu não se reduziram à mecânica. Entre outros analisou também a resistência dos materiais, chegando à lei do quadrado-cubo⁶. Fez igualmente importantes descobertas em astronomia, também relacionadas com a mecânica dado que estudou em particular o movimento dos corpos celestes⁷. Mas isso seria tema para outros trabalhos.

CONCLUSÃO

Embora Galileu seja principalmente conhecido por ter sido um dos defensores do universo heliocêntrico, uma grande parte das suas mais importantes descobertas deu-se no ramo da mecânica e não da astronomia. Em verdade as suas descobertas em mecânica marcaram um importante ponto de viragem no conhecimento dos fenómenos físicos servindo de base à implementação das teorias de mecânica de Newton. Porém, a grande importância do trabalho de Galileu para o conhecimento científico não vai muito para além das muitas descobertas e leis enunciadas. O grande marco que representou para o conhecimento foi a sua nova maneira de construir o conhecimento. Até aí o conhecimento era elaborado através de uma abstracção teórica sobre como devia ser o mundo, de onde se retiravam leis que se admitia poderem ser discordantes das realidades observadas num mundo imperfeito. Com Galileu o conhecimento começa a ser construído ao contrário, com base na observação. Assim, da observação de um

⁶ Segundo a qual se aumentarmos o tamanho de um corpo mantendo a proporcionalidade dos seus elementos, enquanto o volume aumenta para o cubo, a força só aumenta para o quadrado. Daí que um gato consiga cair de grandes alturas sem danos, ao passo que um elefante não pode cair de uma vez a sua altura.

⁷ A título de exemplo, a descoberta do movimento dos satélites de Júpiter em torno deste contribuiu para o fim da teoria das esferas homocêntricas. Por um lado porque estes não teriam como centro do seu movimento a Terra, por outro lado porque levantava a questão de como poderia Júpiter estar incrustado numa esfera se esta tinha que ser constantemente atravessada pelos respectivos satélites.

fenómeno, traduzida por medições matemáticas passar-se-á à elaboração de teorias e consequente experimentação para a aceitação ou recusa das mesmas.

Galileu foi assim um marco não só pelas suas descobertas mas pelo processo para a construção do conhecimento científico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DAUBEN, Joseph W., (data desconhecida), “The Art of Renaissance Science: Galileo and Perspective”, <http://bang.lanl.gov/video/stv/arshtml/arstoc.html>

PEDRO SOFTWARE, “Galileu”, 1998, <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Hall/1780/>

WILSON, Fred L., 1996, “History of Science - Galileu and the Rise of Mechanism”, Rochester Institute of Technology, <http://www.rit.edu/~flwstv/galileo.html>