

Capítulo 5

Introdução ao Argumento da Torre

*"Os que acreditam que uma bala lançada para o alto no interior do navio em movimento retorna ao mesmo lugar como se o navio estivesse em repouso se enganam fortemente. De fato, a bala ficará para trás, tanto mais quanto mais rapidamente se desloque o navio" (BRAHE, T.)**

Uma das principais objeções dos aristotélicos, antigos e medievais, contra a idéia da rotação diária da Terra está baseada na observação de que uma flecha (ou pedra) lançada verticalmente para cima sempre volta ao ponto do qual ela foi lançada. Isso não seria observado se a Terra girasse, uma vez que ao girar a Terra deixaria tal flecha (ou pedra) atrás de si**.

Os argumentos de Nicolas Oresme (1323?-1382) e mais tarde os de Nicolau Copérnico (1473-1543) tentavam estabelecer que é impossível por toda e qualquer experiência (inclusive esta) demonstrar que é o Céu, e não a Terra, que é movido com o movimento diário. No entanto, seus argumentos violavam importantes aspectos da física aristotélica, entre eles o fato de que cada corpo simples tem um único movimento natural – o qual, no caso do elemento terrestre, é retilíneo e para baixo***.

*BRAHE, T. *Apud MARTINS, R. Galileo e o Princípio da Relatividade. Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, n. 9, p. 15, 1986.

**Para uma discussão mais detalhada sobre as objeções dos aristotélicos, antigos e medievais, contra a possibilidade da rotação diária da Terra ver: ÉVORA 1993, v.1.

***Sobre os argumentos de Oresme e Copérnico ver: ÉVORA,

Tanto Oresme quanto Copérnico afirmavam que cada corpo simples ou elemento do Universo, exceto o Céu, podia possuir um duplo movimento natural, circular (quando em seu lugar natural) e retilíneo (quando fora dele). Os argumentos de ambos, implicitamente, rompiam com a distinção aristotélica entre dinâmica terrestre e dinâmica celeste.

Porém nem Oresme, nem Copérnico chegaram a propor uma nova mecânica, capaz de substituir a aristotélica, e que implicasse o abandono da velha divisão qualitativa do Cosmo em dois mundos diferentes. Talvez seja por este limite da solução de Oresme e Copérnico é que o experimento da flecha continuou a ser usado, pela maioria dos físicos medievais e renascentistas, contra a idéia da rotação diária da Terra, os quais não aceitaram a violação dos princípios aristotélicos que os argumentos de Oresme e Copérnico implicavam; entre estes físicos destaca-se Tycho Brahe (1546-1601)¹.

O próprio Galileo, por volta de 1592 (e portanto antes de sua conversão ao copernicanismo), no seu *Trattato della sfera ouvero cosmografia*, apresenta a experiência da flecha, e alguns outros experimentos semelhantes, tais como o de uma pedra lançada do topo de uma torre e o de uma pedra

1993, v. 1, cap. 7 e cap. 9.

¹Tycho Brahe, como nota Koyré, "não admite que a bala que cai do alto do mastro de um navio em movimento atinja o pé desse mastro. Muito pelo contrário, ele afirma que ela cairá a ré do mastro e que, quanto maior a velocidade do navio, mais longe a bala cairá. Da mesma forma, as balas de um canhão disparadas verticalmente no ar não poderão voltar ao canhão.

Tycho Brahe acrescenta que, se a Terra se movesse como pretendia Copérnico, não seria possível lançar uma bala de canhão à mesma distância, a leste e a oeste: o movimento extremamente rápido da Terra, do qual a bala participa, viria impedir seu movimento e até torná-lo impossível se a bala em questão tivesse que se mover numa direção oposta ao movimento da Terra" (KOYRÉ, 1973, p. 206-7).

lançada do mastro de um navio em movimento, como uma das principais razões pelas quais poder-se-ia acreditar que a Terra é completamente estacionária, seguindo as opiniões de Aristóteles e de Ptolomeu. Afirma Galileo:

... se deixássemos cair para baixo, de lugares altos, coisas como uma pedra do topo de uma torre, ela não cairia mais na raiz da torre; pois no tempo durante o qual o corpo, descendo perpendicularmente [verticalmente], estivesse no ar, a Terra, subtraindo-se e movendo-se para o oriente, recebê-lo-ia em um lugar muito distante da torre; assim como, se o navio caminha muito rapidamente, a pedra que cai do topo do mastro não cai ao pé, mas para o lado da popa. E isso se veria ainda mais claramente nas coisas lançadas perpendicularmente para cima, as quais, ao descerem, cairiam muito longe de quem as jogou: e assim a flecha atirada com arco diretamente para o Céu, não recairia perto do arqueiro, o qual, enquanto isso, levado pelo movimento da Terra, teria se deslocado um grande espaço para o oriente?²

Esta objeção aristotélica, contudo, é respondida por Galileo, anos mais tarde, no seu *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo - Tolomáico e Copernicano* (1632)³, quando discute longamente este que é chamado "argumento da torre", baseado no experimento de uma pedra lançada do topo de uma torre.

²GALILEI, G. *Trattato della Sfera Ouvero Cosmografia* (Che La Terra sia Immobile). Apud MARTINS, 1986, p. 17-8.

³GALILEI, G. *Dialogo Sopra i due Massimi Sistemi del Mondo onale delle Opere di Galileo Galilei*. Firenze: G. Barbera Editore, 1933, v. 7, p. 21-543 (Obra original publicada em 1632). GALILEI, G. *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems - Ptolemaic and Copernican*. Trad. de S. Drake. Berkeley: University of California, 1967. Doravante as citações deste livro serão feitas da seguinte maneira: GALILEI, *Dialogo, Opere*, v. 7 e o número da página da *Edizione Nazionale*. Em seguida *Dialogue*, seguido do número da página da tradução de Drake.

No *Dialogo*, obra que marca a conclusão do seu trabalho sobre o sistema solar, Galileo apresenta sua pesquisa astronômica e uma ampla discussão sobre a controversia copernicana. Escrito em linguagem corrente, o *Dialogo* é um livro dirigido ao grande público. Ele se estende por quatro dias sucessivos e é mantido por três debatedores: Salviati — um revolucionário copernicano; Simplicio — um filósofo aristotélico, mantenedor das tradições; e Sagredo — o mediador, um leigo inteligente, um ser neutro.

No primeiro dia do *Dialogo* Galileo discute a dicotomia aristotélica entre a região celeste e terrestre e tenta estabelecer que ambas fazem parte do mesmo sistema cósmico. Em seguida, Galileo passa a analisar o movimento da Terra: o segundo dia é dedicado à rotação diária da Terra e o terceiro à revolução anual ao redor do Sol. No quarto e último dia, Galileo discute o fenômeno das marés tentando mostrá-lo como um forte argumento em favor do movimento da Terra.

O *Dialogo*, como mostrou Koyré nos seus *Études galiléennes* e no seu *Études d'histoire de la pensée scientifique*, não é tanto um livro sobre ciência, no sentido que damos a essa palavra, quanto um livro sobre filosofia — ou, para ser inteiramente exato e empregar uma expressão cada em desuso, porém venerável, um livro sobre a Filosofia da Natureza — pela simples razão de que a solução do problema astronômico depende da constituição de uma nova física a qual, por sua vez, implica a solução da questão filosófica do papel que desempenham as matemáticas na constituição da ciência da natureza.⁴

O argumento da torre é apresentado por Galileo no segundo dia do *Dialogo* nas seguintes palavras de Salviati:

Como a mais forte razão de todas [contra o movimento da Terra] é adicionado que os corpos pesados, quando

⁴KOYRÉ, 1973, p. 186.

caem de uma certa altura, seguem uma linha reta e perpendicular à superfície da Terra. Este é considerado um argumento irrefutável em favor da imobilidade da Terra. Com efeito, se a Terra efetuasse rotação diária, uma torre de cujo topo uma pedra fosse lançada, sendo carregada pelo giro da Terra, se deslocaria muitas centenas de braças a leste durante o tempo que a pedra consumisse em sua queda, e a pedra deveria colidir com a Terra àquela distância da base da torre.⁵

Este experimento, usado pelos aristotélicos como argumento contra a idéia do movimento da Terra, é afastado por Galileo ao longo dos quatro dias do *Dialogo*.

Para fundamentar seu argumento, Galileo introduz seu princípio da relatividade e de inércia, combinados com sua análise dos movimentos das pedras caindo e dos movimentos compostos.

Não pretendemos aqui fazer uma análise detalhada da história do desenvolvimento da mecânica de Galileo, a partir da qual poder-se-iam derivar conseqüências epistemológicas, isto porque este empreendimento, embora extremamente fascinante, constituir-se-ia por si só num tema para um livro. Nosso objetivo é bem mais modesto, porém não menos interessante. Pretendemos analisar alguns pontos da mecânica de Galileo que foram desenvolvidos a fim de sustentar suas idéias cosmológicas, e verificar se eles constituem exemplos de violação de regras metodológicas, como afirma Feyerabend.

⁵GALILEI, *Dialogo, Opera*, v.7, p. 151-2. *Dialogue*, p. 126.