

## As ideias de Newton sobre tempo, espaço e movimento (1883)

Ernst Mach (1838-1916)



Ernst Mach em 1900.

Trechos do Cap. II, seção 6, do livro *Desenvolvimento histórico-crítico da mecânica*, originalmente de 1883, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*, Leipzig. Tradução (sem os trechos adicionados posteriormente pelo autor) da 4ª edição alemã, de 1901, a partir da 2ª edição em inglês: *The science of mechanics*, trad. Thomas J. McCormack, Open Court, Chicago, 1902, pp. 222-38. Há também uma tradução em espanhol da 7ª edição alemã, de 1912: *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica*, trad. Jose Babini, Espasa-Calpe, Buenos Aires, 1949, pp. 188-205.

Tradução para o português feita por Osvaldo Pessoa Jr., para o curso de Filosofia e História da Ciência Moderna (FLF0449), 1º semestre de 2012.

[222] 1. Newton expõe suas ideias sobre o tempo e o espaço, que agora examinaremos de maneira mais próxima, em um escólio que se segue imediatamente às suas definições. Para caracterizar as ideias de Newton, citaremos somente as passagens necessárias mais importantes. [Cita *Principia*, Escólio, parágrafo I]

[223] 2. Diante dessas considerações, pareceria que Newton ainda estava sob a influência da filosofia medieval, e que não foi *fiel* à sua ideia de se ater aos  *fatos*. Dizer que uma coisa *A* varia com o tempo, só significa que as circunstâncias de uma coisa *A* dependem das circunstâncias de outra coisa *B*. As oscilações de um pêndulo se produzem no *tempo* se seu deslocamento *depende* da posição da terra. Como, na observação do pêndulo, não temos necessidade de levar em conta a sua dependência com a posição da terra, pois podemos compará-lo a qualquer outra coisa (cujo estado claramente depende também da posição da terra), nasce facilmente a noção ilusória de que *todas* as coisas com as quais ela pode ser comparada são sem importância. Com efeito, podemos, ao acompanhar o movimento do pêndulo, desprezar inteiramente as outras coisas exteriores, e encontrar que, para cada uma de suas posições, nossos pensamentos e nossas sensações são diferentes. O tempo apresenta-se assim como algo particular e independente, de cujo transcurso depende a posição do pêndulo, enquanto que as coisas que escolhemos livremente para a comparação parecem desempenhar um papel meramente acessório. Não devemos, porém, esquecer que todas as coisas do mundo estão conectadas entre si e dependem umas das outras, e que [224] nós mesmos, e todos os nossos pensamentos, não somos senão uma parte da natureza. Não temos qualquer capacidade de *medir* a variação das coisas *pele tempo*. Pelo contrário, o tempo é uma abstração, à qual chegamos pela mudança das coisas, e que obtemos porque não estamos restritos a qualquer medida única e *determinada*, já que todas as coisas estão conectadas entre si. Chamamos de uniforme um movimento para o qual, a iguais incrementos de percurso, correspondem iguais incrementos de percurso em um movimento de comparação, como a rotação da terra. Um movimento pode, com respeito a outro movimento, ser uniforme. Mas a questão de se um movimento é uniforme *em si mesmo* não tem *sentido algum*. Muito menos podemos falar de um “tempo absoluto”, *um tempo independente de toda variação*. Este tempo absoluto não poderia ser medido por comparação a nenhum movimento, não tendo assim qualquer valor prático e científico; ninguém está autorizado a dizer que sabe algo sobre isso. Não passa de um ocioso conceito “metafísico”. [...]

[226] 3. Ideias semelhantes às do tempo são desenvolvidas por Newton com respeito ao espaço e ao movimento. Novamente citaremos algumas passagens características. [Cita *Principia*, Escólio, parágrafos II e IV, e trechos sobre o movimento circular.]

[229] 4. Mal precisaríamos comentar que também nessas considerações Newton agiu de maneira contrária a sua intenção expressa de investigar apenas os  *fatos*. Ninguém pode dizer nada sobre o espaço absoluto e sobre o movimento absoluto, que não sejam meras abstrações, sem manifestação possível na experiência. Todos os nossos princípios da mecânica, como mostramos detalhadamente, são conhecimento experimental sobre posições e movimentos  *relativos* dos corpos. Mesmo nos domínios em que eles são agora reconhecidos como válidos, eles não foram e nem poderiam ser admitidos sem terem sido previamente submetidos a testes experimentais. Ninguém está autorizado a estender esses princípios para além dos limites da experiência. De fato, tal extensão é sem sentido, dado que ninguém possui o conhecimento requerido para fazer uso dele. [...]

[231] 5. Consideremos agora o ponto sobre o qual Newton, aparentemente com boas razões, estabeleceu sua distinção entre o movimento absoluto e o relativo. Se a Terra possui uma rotação  *absoluta* ao redor de seu eixo, nela aparecem forças centrífugas: ela adquire uma forma oblata [achatada], a aceleração da gravidade diminui no equador, o plano do pêndulo de Foucault gira [conjuntamente com a rotação da Terra, eliminando o efeito, visível em outras latitudes], etc. Todos esses fenômenos desapareceriam se a Terra estivesse em repouso e os outros corpos celestes tivessem um movimento absoluto rotacional em sentido inverso, de maneira que a mesma rotação  *relativa* fosse produzida. Este seria o caso, sem dúvida, se partíssemos  *ab initio* da ideia de espaço absoluto. [232] Mas se nos mantivermos no terreno dos fatos, então só conhecemos espaços e movimentos  *relativos*. Não levando em consideração aquele meio desconhecido do espaço [como o éter luminífero],  *relativamente* os movimentos do Universo são os mesmos, quer adotemos o ponto de vista de Ptolomeu [ou melhor, de Tycho Brahe], quer adotemos o de Copérnico. Ambas as concepções são igualmente corretas; só que a última é mais simples e  *mais prática*. O sistema do universo não nos é dado  *duas vezes*, uma com a Terra em repouso e outra com a Terra em movimento; mas apenas  *uma única vez*, com seus movimentos  *relativos*, os únicos determináveis. Não podemos dizer como seriam as coisas se a Terra não girasse [em sentido absoluto, podendo-se manter o mesmo movimento relativo]. Podemos, porém, interpretar de diferentes maneiras o único caso que nos é dado. Mas se o interpretamos de uma maneira que incorra em conflito com a experiência, então nossa interpretação é simplesmente falsa. Os princípios da mecânica podem, de fato, ser concebidos de maneira que mesmo para rotações relativas surjam forças centrífugas.

O experimento de Newton com o balde de água girante nos ensina apenas que a rotação relativa da água com respeito às paredes do balde não produz  *nenhuma* força centrífuga perceptível, mas que tais forças  *são* produzidas pela sua rotação relativa com respeito à massa da Terra e de outros corpos celestes. Ninguém tem a competência de dizer qual seria o resultado do experimento se a espessura e a massa das paredes do balde fossem aumentadas até que elas tivessem vários quilômetros de espessura. Temos diante de nós apenas  *um único* experimento, que devemos pôr de acordo com o resto dos fatos que nos são conhecidos, mas não com nossas arbitrarias ficções da imaginação.

[6. ...] [233] Querer afirmar que conhecemos mais a respeito dos corpos em movimento do que é dado pelo seu comportamento experimental em relação aos corpos celestes, é nos fazer passíveis de um  *ato de má fé*. Quando dizemos que um corpo mantém inalteradas sua direção e velocidade  *no espaço*, simplesmente fazemos

referência, de forma abreviada, ao *Universo como um todo*. O uso de tal expressão abreviada é permitido ao autor original do princípio, pois ele sabe que este caminho em geral não apresentará dificuldades. Mas ele não será de valia se surgirem dificuldades como as que foram mencionadas, se por exemplo os necessários corpos fixos entre si estiverem ausentes. [...]

[237] 9. Nos parágrafos anteriores, tentamos dar à lei da inércia uma expressão diferente da ordinária. Esta expressão cumpre o mesmo que a ordinária, desde que haja um número suficiente de corpos aparentemente fixos no espaço. Ela se aplica com a mesma facilidade, e encontra as mesmas dificuldades. Em um caso, não podemos chegar a um espaço absoluto, no outro, nosso conhecimento tem acesso somente a um número limitado de massas, e a soma indicada não pode assim ser completa. Não temos como afirmar se a nova expressão ainda representaria a verdadeira condição das coisas, caso as estrelas passassem a se movimentar rapidamente umas em relação às outras. A experiência *geral* não pode ser construída a partir dos casos *particulares* que nos são dados. Pelo contrário, teremos que *esperar* até que semelhantes experiências se apresentem. Quiçá ela se ofereça, quando nosso conhecimento físico-astronômico for estendido para alguma parte do espaço celeste onde os movimentos sejam mais violentos e complicados do que em nosso ambiente. Porém, os resultados mais importantes de nossas reflexões são *que justamente os princípios mecânicos aparentemente mais simples são de natureza muito complicada; que eles repousam sobre experiências não realizadas, e até não realizáveis; que na prática sua base é suficientemente segura, dada a estabilidade tolerável de nosso ambiente, para servir como fundamento da dedução matemática; no entanto, de maneira alguma eles podem ser considerados [238] como verdades demonstradas matematicamente, mas apenas como princípios que não só admitem o controle constante da experiência, como de fato o exigem*. Este modo de ver tem grande valor, pois proporciona o progresso da ciência.

[Apêndice da 5ª edição alemã (1901):]

[...] Para mim, só existe o movimento relativo, e não vejo, com respeito a isso, [543] nenhuma distinção entre rotação e translação. Quando um corpo se move relativamente às estrelas fixas, forças centrífugas são produzidas; quando ele se move relativamente a algum outro corpo, tais forças centrífugas não se produzem. Não me oponho a que se chame a primeira rotação de “absoluta”, se lembrarmos que isso não significa nada mais do que *rotação relativa com respeito às estrelas fixas*. Podemos fixar o balde de água de Newton, mas girar as estrelas fixas, e *então* provar a ausência de forças centrífugas?\*

O experimento é impossível, a ideia sem sentido, pois os dois casos não são distinguíveis entre si, para a percepção sensorial. Considero então esses dois casos como o *mesmo* caso e a distinção newtoniana como uma ilusão.

[...] Novamente, eu nunca supus que *apenas* as massas remotas, e não as próximas, determinam a velocidade de um corpo (como afirma Streintz, 1883, p. 7); apenas falei de uma influência *independente* da distância.

---

\* “Können wir vielleicht das Wasserglas Newtons festhalten, den Fixsternhimmel dagegen rotieren, und das Fehlen der Fliehkräfte nun nachweisen?”. Na 7ª edição alemã, de 1912, esta pergunta se transforma numa afirmação: “Tente fixar o balde de água de Newton, mas girar as estrelas fixas, e então provar a ausência de forças centrífugas” (ver a edição em castelhano, pp. 193-4). Em alemão: “Man versuche das Newtonsche Wassergefäß festzuhalten, den Fixsternhimmel dagegen zu rotieren und das Fehlen der Fliehkräfte nun nachzuweisen”.