

REFERÊNCIAS A NEWTON, EM BACHELARD, KOYRÉ E KUHN

Walter Cardoso
FFCL José Olympio – Batatais

I – INTRODUÇÃO

Já se disse que a história da ciência pode comportar múltiplos objetos (precursores, paternidades, fundamentos para novas teorias, desenvolvimento epistemológico etc.), o que lhe tornam valiosas as contribuições dos historiadores, dos cientistas e dos filósofos. É compreensível, portanto, que Isaac Newton e a chamada "física clássica" tenham merecido dos historiadores da ciência estudos dos mais variados. Dentre estes, faz-se referência neste texto a G. Bachelard, cultor da epistemologia histórica, bem como a A. Koyré e T. S. Kuhn, que examinam a história da ciência sobretudo sob o prisma das revoluções do conhecimento científico. Na verdade, nenhum dos trabalhos aqui abordados constitui estudo específico sobre Newton, mas em todos podem-se captar as diferentes formas de se examinar o significado da obra desse sábio. As afinidades guardadas pelos autores em apreço serão percebidas no transcurso deste texto.

De imediato, deu-se ênfase à epistemologia histórica, tão cara a G. Canguilhem (*Études d'histoire et de philosophie des sciences*), o qual nos diz que, examinada segundo suas relações com a epistemologia, a história das ciências é a "história experimental do espírito humano", é algo além da memória da ciência, é o laboratório da epistemologia. Eis pois o trabalho de G. Bachelard (*La formation de l'esprit scientifique*), empenhado em nos mostrar as rupturas entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, a superação de obstáculos epistemológicos, enfim, a passagem de um espírito pré-científico para um espírito científico.

O segundo autor examinado é A. Koyré (*Do mundo fechado ao universo infinito*). Embora também se volte aos aspectos epistemológicos da história da ciência, Koyré não se mostra, na questão das rupturas, tão radical quanto Bachelard, pois observa que, do mundo fechado dos antigos, ao aberto dos modernos, não se deu um passo muito longo (cerca de um século e meio), mas foi necessário vencer inúmeros obstáculos.

Segue-se T. S. Kuhn (*A estrutura das revoluções científicas*) a nos advertir que a ciência talvez não se desenvolva pela acumulação de descobertas e invenções individuais, mas por vias não cumulativas. Desintegradoras da ciência tradicional, as revoluções científicas constituem momentos áureos da história da ciência. É quando paradigmas insustentáveis cedem lugar à teoria ou corpo de teorias que passam a constituir nova unidade de pensamento e de trabalho científico, isto é, um novo paradigma.

II – NEWTON, ANTE OS ESPÍRITOS PRÉ-CIENTÍFICOS

Para Bachelard, o problema do conhecimento científico deve ser colocado em termos de obstáculos epistemológicos, os quais são mais uma decorrência de opiniões e idéias preconcebidas, do que propriamente da fugacidade dos fenômenos ou da debilidade de nossos sentidos. A fim de que um espírito

pré-científico se converta em um espírito científico, é necessário que ocorram rupturas, que tais obstáculos sejam superados. Estes ocorrem nos mais variados campos do saber, inclusive no contexto da física newtoniana. É o que se depreende dos exemplos abaixo, apresentados por Bachelard (*op. cit.*).

O conhecimento utilitário: Para o racionalismo pragmático, um registro sem utilidade é irracional. Voltaire, em suas **Oeuvres complètes**, ao interpretar Newton, explica que, longe de serem perigosos, os cometas constituem novos benefícios do Criador, pois os vapores emanados por eles são atraídos pelas órbitas dos planetas, permitindo assim que se mantenha a umidade desses globos terrestres. Além disso, é graças aos cometas que recebemos a parte mais elástica e sutil do ar que respiramos. O verdadeiro sem função, diz Bachelard, é para um espírito pré-científico um verdadeiro mutilado.

Obstáculo animista: Uma certa simpatia para com todos os seres do Universo conduz a animismos generalizados, os quais adquirem prestígio, sobretudo quando recebem sanção de sábios renomados. Para um espírito animista, os metais também têm vida, reproduzem-se e, ao serem extraídos da terra, envelhecem. Para o autor de **Nouveaux Cours de Chymie, suivant les principes de Newton et de Sthall** (Paris, 1737), há certas minas onde os metais ainda se encontram em um processo de aperfeiçoamento e, às vezes, se fecham minas porque as matérias metálicas nelas encontradas não estão inteiramente formadas. Somente com o passar do tempo é que essa formação ocorrerá. A um espírito animista falta, pois, a sábia abstração.

Obstáculos do conhecimento quantitativo: No lugar de uma informação matemática discursiva, coloca-se uma lei expressa em matemática vaga, pois esta é a que se coaduna com a falível necessidade de um espírito ingênuo. Sob o título "Physique nouvelle formant un corps de doctrine, et soumise à la démonstration rigoureuse du calcul", um doutor da Sorbone, Delairas, refuta (1787) peremptoriamente a física newtoniana, deixando à margem suas ligações matemáticas, mas confiando em formas gerais como esta: "Qualquer massa que ocupa o centro desses territórios do universo que chamamos um sistema, nada mais é do que um composto de manchas orgânicas retomando sobre si próprio e formando movimento de todas as espécies. Essas manchas intestinas, ao retomarem sobre si próprias, estão sujeitas a acréscimos de velocidade, provenientes das faculdades aceleratórias". O autor propõe ainda uma geometria material ao alcance de todo o mundo, afirmando que, para se atingir o conhecimento matemático dos fenômenos há um caminho popular. Segundo Bachelard, é a imprecisão criticando a precisão.

A necessidade do vago e a busca de qualificativos diretos levam o Abade Pluche, em **Histoire du ciel** (Paris, 1778), a explicar que a gravitação de Newton é "o aumento ou a diminuição de forças atrativas em razão inversa do quadrado da distância... é o progresso de tudo o que se dispensa ao redor. É o progresso dos odores".

Sendo uma ciência que tem como campo de estudos o universo "real", a Física terá que ser mais fácil do que a Geometria elementar. Não surpreende pois que Locus Castel, em **Le vrai systeme de Physique générale de Newton...** (Paris, 1743), registre sermos todos um pouco físicos, mais ou menos, dependendo de nosso espírito atento e apto ao raciocínio natural. Com a Geometria ocorre o oposto, por ser esta mais abstrata e misteriosa. É por essa razão que Castel condensa a ciência newtoniana, pois aí a ordem de dificuldades pedagógicas inverte-se. Para compreender os movimentos dos astros e os fenômenos da luz é necessário conhecer o cálculo integral, o que para Castel constitui uma anomalia.

Por um curioso costume, o apodítico envelhecido toma o gosto de assertório. De toda a mecânica de Newton, os espíritos pré-científicos retiveram aquela parte que tratava do estudo de uma atração, a qual para o próprio Newton não passava de uma metáfora...

III – NEWTON E A INFINITUDE DO UNIVERSO

Para Koyré (op. cit.), a conversão de um mundo finito e bem-ordenado para um Universo infinito, unificado pela identidade de seus elementos básicos, constituiu uma revolução que não se fez abruptamente. Entre *De revolutionibus orbium coelestium*, de Copérnico (1534) aos *Philosophia naturalis principia mathematica*, de Newton (1687), há uma sucessão de obstáculos que a ciência e a teologia tiveram que superar. Antes de Newton, por diversas vezes, grandes pensadores postularam a infinitude do mundo, enquanto outros recusaram-na. Mas é certo que todos atribuíram à questão a maior importância.

Já antes de Copérnico, Nicolau de Cusa (1401 – 1464) negara que o mundo confinava além da oitava esfera do sistema ptolomaico. O Universo ainda não era imaginado infinito, mas ao menos já era *interminatum*, isto é, não possuía limites e carecia de determinação rigorosa.

O Universo copernicano é esférico e finito, embora seja imensurável (*imensum*). Ao admitir estrelas fixas estendendo-se infinitamente, situadas em um céu povoado de anjos, Thomas Digges (m. em 1595) é apontado como o primeiro copernicano a conceber um mundo aberto. Não se tratava, portanto, de um céu astronômico, mas de um céu teológico. Mais tarde, William Gilbert (1540 – 1603) concordava com Digges, quanto às distâncias infinitas das estrelas, mas não falava de anjos em seu céu. Aliás, antes de Gilbert, Giordano Bruno (1550 – 1600) já concebera um Universo vitalista, infinito e infinitamente povoado.

Joannes Kepler (1571 – 1630), por razões metafísicas e científicas, recusa a infinitude do Universo. Admite que, antes de apelarmos à revelação, deveríamos ater-nos aos fenômenos e ao raciocínio científico. Dado o caráter empírico da astronomia, era necessário lidar com dados observáveis.

Galileu Galilei (1564 – 1642) não chega a admitir a limitação do mundo, como o fizeram Copérnico e Kepler, mas evita discutir frontalmente a questão da infinitude do Universo. Como Nicolau de Cusa, seu mundo era "intérmimo". Segue-se René Descartes (1596 – 1650) que, embora fundamentasse sua cosmologia nos rigores da matemática e da geometria, preferia, como Nicolau de Cusa, postular um mundo indefinido. No Universo cartesiano, nada existe além de **matéria e movimento**. O vazio é pois física e essencialmente impossível.

Faça-se finalmente referência a Henry More, contemporâneo e amigo de Newton, que admite em *Enchiridium metaphysicum* (1671) a existência real do espaço vazio infinito, onde se situa um mundo material que, embora indeterminadamente vasto, é finito, inclusive no tempo. Infinito em duração e amplitude, somente Deus.

Oscilava-se de um mundo de dimensões indeterminadas, para um mundo finito, de infinitude teológica, vitalista infinito, simplesmente infinito, ou de vazio infinito, quando surge Isaac Newton (1647 – 1727), para quem o tempo e o espaço absolutos e matemáticos são **opostos** ao tempo e ao espaço do senso comum. O tempo é algo que possui sua própria natureza, isto é, flui uniformemente, sem relações com seu exterior. O espaço também possui sua própria natureza, isto é, não tem relação a nada que seja exterior. O lugar é a parte do espaço ocupada por um corpo. Como através do movimento o corpo muda de lugar – que poderá ser ocupado por outros corpos, – tem-se a distinção entre espaços absolutos e relativos e portanto entre movimento absoluto e relativo. Os lugares absolutos conservam, de **eternidade e eternidade**, suas posições no espaço absoluto, isto é, **infinito e eterno**.

Para Newton, o espaço do sistema solar está cheio de um éter muito tênue, que não se estende ao infinito. Se isso acontecesse, os cometas não poderiam

mover-se com toda a liberdade, pois não há matéria que não ofereça resistência. Consideremos que para Newton, a matéria já goza da propriedade de inércia, no sentido atual da palavra. Gravidade, para Newton, como para Galileu, não figura entre as propriedades essenciais dos corpos, embora todos corpos sejam dotados de um princípio de gravitação mútua.

As novas teorias sempre trazem em seu bojo perplexidade, resistência por parte dos espíritos conservadores, incompreensão etc. Mas podem também trazer respostas a certas questões que até então permaneciam obscuras. O mesmo se pode dizer da física newtoniana, que teve em George Berkeley e em Gittfried Wilhem von Leibniz seus maiores opositores. Mas teve em Samuel Clarke um ardoroso defensor. E nada melhor do que a correspondência trocada entre Clarke e Leibniz para comprová-lo.

Para Leibniz, os princípios matemáticos não são opostos ao materialismo e ao enfraquecimento da religião. O Deus de Leibniz fez o melhor dos mundos possíveis, nada mais há para se fazer, porque está concluído, bastando apenas conservá-lo. Por outro lado, o mundo criado pelo Deus newtoniano necessita que, periodicamente, se lhe façam retificações, uma vez que a força motriz do Universo está diminuindo, podendo mesmo chegar a desaparecer. O espaço e o movimento não são absolutos, como propusera Newton, mas não relativos. Deus colocou a Matéria em todo o Espaço, não havendo portanto vácuo. Todo espaço está cheio.

Clarke responde que os "princípios da filosofia matemática" nos ensinam ser o mundo produto da ação deliberada de um Ser livre e inteligente. O espaço e o tempo têm conexões com Deus e não com a criação. O espaço situado fora do mundo não é imaginário, mas real, como é real qualquer espaço vazio do Mundo. O espaço, — consequência imediata e necessária de Deus, — é destituído de corpos e atributo de uma substância incorpórea. O espaço e a duração são imensos, imutáveis, eternos.

Se para Leibniz não pode haver atração entre corpos situados distantes uns dos outros, sem um meio intermediário, Clarke retruca dizendo que se trata de um meio intangível, de diferente natureza.

A tônica da discussão entre Leibniz e Clarke lembra um "diálogo de surdos". Encerrado com a morte do primeiro.

Foram necessárias algumas décadas para que se considerasse Newton vencedor dessa contenda. Aceitava-se o vazio infinito no espaço absoluto, onde os corpos se moviam segundo leis da gravitação universal. O universo material tornou-se também tão infinito quanto o vazio. O mundo tornou-se infinito no espaço e no tempo.

Paradoxalmente, cada avanço da teoria newtoniana mostrava que a força motriz do universo não se enfraquecia, não necessitando portanto de acertos do Arquitecto Divino. Este, como afirmara Leibniz, era melhor do que julgara Newton...

IV — NEWTON, NO CONTEXTO DOS "PARADIGMAS"

Para Kuhn (*op. cit.*), a história da ciência mostra mais uma sucessão de paradigmas e menos um processo cumulativo. Um paradigma caracteriza-se pela adesão de ponderável parcela da comunidade científica a um conjunto de leis, teorias e suas aplicações, as quais formam uma unidade. Esta somente será rompida quando ocorrerem as revoluções científicas. Os paradigmas que mais se relacionam com os propósitos deste texto são, naturalmente, os *Principia* e a *Optica* de Newton. É em torno deles que se fizeram os registros abaixo:

A ciência normal opera naqueles fenômenos e teorias já proporcionados pelo paradigma, não visando, portanto, fenômenos situados além do paradigma. Os

quebra-cabeças surgem quando os resultados obtidos em pesquisa normal, surpreendentemente, contradizem o paradigma. É o que aconteceu com a dedução do movimento da Lua, partindo das leis do movimento de Newton. Os cientistas encontram resultados discrepantes, chegando mesmo a propor que se modificasse a Lei do Quadrado das Distâncias. Isso corresponderia a modificar o paradigma, o que não se teve ânimo para fazer. Finalmente, Clairaiuet demonstrava (1750) que o erro estava na aplicação matemática e não na teoria newtoniana.

O **período pré-paradigmático** caracteriza-se por intensos debates, os quais servem mais para definir escolas, do que para produzir acordos. A assimilação da Mecânica de Newton suscitou acirrados debates entre aristotélicos, cartesianos e leibnizianos. Às vezes ocorrem **crises**. São estas geradas pela incapacidade do paradigma em explicar situações anômalas. Não são, portanto, apenas as novas descobertas que podem gerar novos quebra-cabeças, mas a própria consciência da insuficiência do paradigma. Assim, a teoria de Newton sobre a luz e a cor foi bem recebida, porque nenhuma das teorias pré-paradigmáticas então existentes, explicava satisfatoriamente o comprimento do espectro.

As **revoluções científicas** iniciam-se quando – para ao menos uma parcela da comunidade científica, – o paradigma existente já não explica certos aspectos da natureza. As novas teorias que então surgem não terão que necessariamente conflitar com aquelas que as antecedem, mas podem converter as velhas teorias em partes ou aspectos da nova teoria. Porém, não se diga que o desenvolvimento científico seja cumulativo, pois os novos conhecimentos, – antes de tudo, – substituem a ignorância. Um confronto entre a dinâmica einsteiniana e as equações que derivam dos **Principia** não nos mostra erros na dinâmica newtoniana, desde que se abordem questões onde as velocidades sejam inferiores àquela da luz. Na verdade, pode-se dizer que a teoria newtoniana constitui um caso especial da teoria einsteiniana.

A **invisibilidade das revoluções** é decorrente da aparente linearidade da história da ciência, o que chega a confundir os próprios cientistas. Newton admitiu ser Galileu já conhecedor de que a força constante da gravidade produz um movimento proporcional ao quadrado do tempo, o que na realidade não ocorrera. Assim, o próprio Newton contribuía para que se ocultasse uma importante reformulação nas questões relativas ao movimento.

A **resolução das revoluções**, isto é, a escolha de um novo paradigma dentre os diversos postulantes, constitui uma questão que merece a atenção do historiador. Este, ao investigar as razões que levam um grupo a trocar a pesquisa normal por outra, por certo verificará que, na encruzilhada dos paradigmas, costuma-se seguir a teoria que, embora não cabalmente demonstrada, apresenta maior probabilidade. Ou então, engaja-se naquela teoria que, embora mantenha certas questões na obscuridade, explica outras que julgamos de maior importância. É o que ocorreu com a Dinâmica newtoniana que, embora não explicasse a causa da atração entre partículas de matéria, desenvolvia-se em torno da importante questão dessas forças.

É certo que a explicação mecânico-corporcular newtoniana causou impacto na tradição científica seiscentista, chegando mesmo a sugerir algumas soluções para questões de outras ciências. Entretanto, Newton postulava que a gravidade fosse interpretada como atração inerente às partículas da matéria. Era quase que uma reafirmação daquela qualidade oculta que os escolásticos chamaram de “tendência de cair”...

V – CONCLUSÃO

Pode causar estranheza que, da extensa obra de Bachelard, se tenham usado neste texto apenas referências ao espírito pré-científico. Tal procedimento será compreensível, se atentarmos para o fato de que esse é um aspecto da história da ciência que, embora pouco abordado, constitui campo fecundo à espera do pesquisador.

Na parte relativa a Koiré, expressões como “não se deu um passo muito longo” pretendem dizer que o passo também não foi muito curto. Isso significa que Koiré não nos propõe uma descontinuidade epistemológica (embora trate da revolução que se iniciou com Copérnico), mas também não nos mostra que houve uma continuidade no conhecimento científico. Depreende-se pois que é possível uma epistemologia histórica, liberta dos padrões advogados tanto por “continuístas”, como por “descontinuístas”.

Ao esclarecer que entende por paradigma toda a constelação de crenças, valores e técnicas, bem como as soluções concretas que se encontram no âmbito da ciência normal, Kuhn detém-se no comportamento da comunidade científica. Aliás, ele mesmo reconhece que muitas de suas generalizações relacionam-se à psicologia social do cientista, assim como algumas de suas conclusões pertencem à epistemologia. Daí se poder pensar um paradigma como uma “conjuntura epistemológica”.