

CONFERÊNCIAS



HISTÓRIA DA CIÊNCIA E METODOLOGIA (*).

SHOZO MOTOYAMA

Do Departamento de História da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

Impõe-se a pergunta:

“Qual é a importância da História da Ciência na formação de cientistas e educadores?” Temos duas respostas, de acordo com as pessoas em jogo. Se se quer “cientistas” tecnocratas, especialistas de visão curta, homens néscios em tudo, menos na matéria da sua especialidade, a resposta é: nenhuma. Se se quer educadores sem método e sem recursos, sem nenhuma inspiração, mestres rotineiros sem atrativos pedagógicos, a resposta ainda é: nenhuma. Mas se se quer um verdadeiro cientista, dotado de espírito criador, homem culto integrante da cultura do seu povo e da civilização humana, então a História da Ciência é de importância vital. Por outro lado, educadores cômicos de suas responsabilidades não podem em hipótese nenhuma prescindir da História da Ciência, verdadeira pedra angular da educação, como bem disse o grande G. Sartre.

Ao se lançar a luz ao passado para esclarecer o desenvolvimento de uma dada ciência, notamos um complexo entrelaçamento entre diversos e intrincados fatores tais como: relação entre técnica e ciência, a lógica da ciência, a lógica do desenvolvimento científico, ciência e cosmovisão e formas de raciocínio, a lógica da formação das teorias, etc. Muitos poderão estranhar por exemplo, o aparecimento da cosmovisão entre esses fatores. Entretanto, essa dúvida será sanada ao tomar conhecimento de que a ciência é uma cultura. Sendo uma

(*) — Resumo de uma conferência proferida no Instituto de Física da Universidade de São Paulo no dia 19 de março de 1971, a convite do Centro de Estudos de Física e Matemática. (Nota da Redação).

cultura, é uma parte da cosmovisão e forma um sistema independente com um desenvolvimento próprio. Ao relacionar e analisar êsses fatores, a História da Ciência torna-se a mediadora entre a Ciência e as Humanidades, tão separadas e inimigas nos dias de hoje. Aldous Huxley na sua novela o *Gênio e a Deusa*, ridiculariza a figura do cientista naquele seu tom irônico e pessimista. Por outro lado, muitos tecnocratas orgulham-se de não conhecer absolutamente qualquer obra literária ou filosófica. É um estado de coisas alarmante e poderá levar a um trágico desfêcho. Para solucionar tão terrível impasse, a História da Ciência deverá servir de ponte de ligação entre as duas áreas antagônicas promovendo o intercâmbio necessário para o mútuo conhecimento.

Mesmo dentro da estrutura interna da própria ciência, a importância da especialidade que imortalizou Aldo Miel, René Taton, Pierre Duhem e outros, é óbvia. Tomemos em particular o campo de pesquisas em Física. Segundo alguns cientistas de larga visão de futuro, entre os quais está o prof. M. Schenberg, esta ciência está atravessando uma fase na qual seria mister fazer uma reflexão ou reformulação metodológica. Êste seria o motivo principal da mudança de foco de interesses de campos como Física Nuclear e Partículas Elementares para campos como Astrofísica, Estado Sólido, Biofísica, etc. verificada nos dias de hoje. A estagnação qualitativa observada nos dois primeiros campos, embora os conhecimentos quantitativos continuem a aumentar, parece ser devida ao fato de se ter chegado a limite de validade da Física conhecida até hoje, enquanto em campos relativamente inexplorados como Astrofísica e Biofísica ainda haveria margens para a aplicação dessa mesma Física. Tôda vez que se construiu uma nova Física, foi necessário fazer uma revisão e reformulação metodológica. No limiar da Física Clássica, Galileu foi considerado mais um filósofo do que propriamente cientista. Na terceira parte do seu *Philosophie Naturalis Principia Mathematica* Newton expõe a metodologia da pesquisa da natureza, demonstrando assim a sua preocupação metodológica. No alvorecer do nosso século, a gigantesca tarefa de construir a teoria de Relatividade e a teoria dos Quanta, gerou uma grande confusão filosófica e obrigou os cientistas a uma profunda reflexão metodológica. Para se dar um passo qualitativo para frente na Ciência é sempre necessário uma revolução metodológica. Para essa tarefa, a História da Ciência desempenharia um papel de real importância analisando no tempo e no local os diversos fatores envolvidos com a lógica do desenvolvimento científico. Talvez, já fôsse tempo de falar em reconstrução em Física como falava J. Dewey em reconstrução em Filosofia.

Entretanto, não é nossa intenção discutir aqui êsses problemas em tôda sua plenitude. Nos limitaremos em mostrar o método expe-

rimental de Galileu para criticar a idéia do “método experimental” muito em voga entre os positivistas e pragmáticos, espécies muito comuns entre os “cientistas” tecnocratas de hoje. Se de um lado o homem possui a forte tendência de progredir, por outro lado tem a tendência igualmente forte de regredir. Um exemplo típico é a interpretação das obras de Aristóteles na Idade Média. E’ como diz o próprio Jacques Maritain, o grande filósofo católico, ao se referir às obras do mestre grego, as pessoas pareciam ter esquecido ou desconhecido o espírito dessas obras. Nós nos permitiríamos em usar a mesma frase, com a devida licença do J. Maritain, só que trocaríamos o nome de Aristóteles por Galileu e a época em vez de ser a Idade Média seria a Idade Contemporânea.

O estudo da queda dos corpos foi uma das pesquisas mais importantes de Galileu; nêle aparece de maneira meridianamente clara o seu método. Por que êle teria escolhido justamente êste assunto? Para entender isso é necessário reportarmos à sua época: a época da Renascença.

Naquele tempo de transição da sociedade feudal para a sociedade moderna, a vida começava a tomar um aspecto bastante diferente. Aliado ao desenvolvimento nos transportes (principalmente marítimos), o progresso nas indústrias (principalmente a mineração) e a freqüência das guerras (invenção da pólvora e aperfeiçoamento de armas de fogo, canhões principalmente) a mecânica era o foco de atenção dos estudiosos da época. Outrossim, o desafio da nova cosmovisão dos cidadãos (burguesia) contra a velha cosmovisão dos senhores feudais representada pela Escolástica, estava em plena vigência. Galileu sempre foi um combativo defensor da nova cosmovisão e estava empenhado de corpo e alma para destruir a autoridade de Aristóteles. O seu estudo da queda dos corpos e os estudos astronômicos foram feitos muito mais com o intuito de derrubar a Escolástica, do que qualquer outra coisa. Por isso, há de se entender a sua escôlha para o campo de pesquisa, um campo como o da queda dos corpos, onde a autoridade de Aristóteles periclitava ante os trabalhos precursores de Benedetti e outros. E há de se convir que êle foi feliz na sua emprêsa dando um golpe fatal à ciência Medieval.

A Escolástica expunha a queda livre dos corpos baseada em duas leis fundamentais:

1. — Um corpo se movimenta para cima ou para baixo com uma velocidade proporcional ao seu pêso.
2. — Essa velocidade é inversamente proporcional à densidade do meio na qual se movimenta o corpo.

A tarefa de Galileu consistia em provar que essas asserções estavam erradas, tarefa essa compartilhada por seus antecessores e con-

temporâneos e encontrar as verdadeiras leis, onde reside sem dúvida o seu maior mérito.

Ele iniciou o seu estudo pela observação da queda dos corpos. O corpo mais pesado, como uma pedra ou cobre, caem mais depressa que penas de aves ou algodão. Isto parece confirmar o dito de Aristóteles. Contudo, à medida que o peso dos corpos envolvidos se tornam grandes, mesmo havendo uma diferença considerável entre os seus pesos, os tempos de quedas parecem se igualar. Seguindo essa pista, êle é levado ao conceito de resistência do ar atrapalhando a manifestação pura das leis de queda. Ou seja, percebeu a necessidade de isolar as variáveis fortuitas das variáveis fundamentais. Como êle não podia realizar as suas pesquisas no vácuo, comparou as velocidades dos corpos em meios de densidades diferentes e verificou a diminuição de diferença de velocidades entre os corpos em meios menos densos e por abstração concluiu que no vácuo os corpos obedecem à lei de queda verificada entre os objetos pesados. Em seguida, fêz uma análise conceitual, com o uso da matemática mais avançada da época, a geometria e a álgebra, tornando claros os conceitos de velocidade e aceleração. Uma vez firmados êsses pontos, depois de marchas e contra-marchas formulou duas hipóteses:

1. — os corpos em queda livre estão submetidos no vácuo a uma aceleração constante.

2. — a velocidade do tal corpo acelerado é proporcional ao tempo de queda.

Era chegada a hora de perguntar à natureza a validade dessas duas hipóteses. Mas a pergunta não poderia ser direta, pois algumas condições necessárias para a verificação não poderiam ser preenchidas pela falta de recursos técnicos disponíveis naquele tempo. Por exemplo, no caso de Galileu, êle não podia fazer o vácuo e não podia medir diretamente nem a aceleração, nem a velocidade. Para solucionar êsse impasse, desenvolveu uma teria matemática, admitindo como válidas essas duas hipóteses e obtendo conseqüências verificáveis experimentalmente. Usando os resultados do estudo conceitual de Oresme, principalmente a equivalência do movimento acelerado ao movimento uniforme que tem velocidade igual à média aritmética das velocidades inicial e final do movimento acelerado, Galileu consegue relacionar o espaço percorrido com o tempo:

$$S = \frac{1}{2} g t^2$$

onde g é a aceleração constante
 s é espaço percorrido e
 t é o tempo.

Tanto o espaço percorrido como o tempo eram grandezas mensuráveis mesmo naquela época. Daí, partiu o gênio italiano para a experimentação. Entretanto, nessa fase encontrou ainda uma grande dificuldade pelo fato do movimento ser muito rápido. Nessas condições, era impossível relacionar S com T quantitativamente. Era necessário tornar o movimento menos rápido ou em outras palavras, diminuir a aceleração. Depois de muito pensar, Galileu viu a possibilidade de encarar o movimento vertical da queda como um caso limite do movimento no plano inclinado. Se assim fôsse, quanto menos inclinado fôsse o plano, o movimento seria mais lento permitindo a verificação experimental. Então o cientista de Pisa, começou a verificar a relação existente entre o movimento na direção vertical e o movimento no plano inclinado. Primeiramente, êle fêz “uma experiência idealizada”, uma experiência fictícia só feita dentro da cabeça (recurso largamente usado pelos cientistas que construíram a Mecânica Quântica e Teoria de Relatividade), e mostrou por argumentos lógicos a impossibilidade de um corpo que rola de uma determinada altura de um plano inclinado atingir alturas maiores que essa ao subir outro plano inclinado contíguo. Só depois então realizou a experiência do pêndulo comprovando essa asserção. Assim, provada a equiivalência dos dois movimentos, finalmente êle parte para a comprovação experimental de

$$S \propto T^2$$

com o auxílio do plano inclinado.

Permitam-me omitir os detalhes dessa experiência, uma vez que o meu objetivo não é a descrição das experiências, mas mostrar a complexidade do método científico em contraposição à algumas teorias simplórias que afirmam ser a ciência um produto da abstração ou indução simples e pura de diversas experiências.

Para finalizar, gostaria de apontar o fato dessa metodologia de Galileu estar enquadrado em linhas gerais com o esquema apresentado por Claude Bernard para o método científico:

(Observação inicial) → (análise conceitual e estruturação) →
(programação teórica da experiência) → (verificação experimental).