

O Acaso, o Preconceito e o Método Científico em Física

(Chance, Prejudice, and The Scientific Method in Physics)

V. Pleitez

Instituto de Física Teórica

Universidade Estadual Paulista, Rua Pamplona, 145

01405-900-São Paulo, SP, Brasil

Trabalho recebido em 15 de agosto de 1995

Consideramos, ainda que brevemente, uma série de descobertas fundamentais que mostram como o *acaso* e o *preconceito* acompanham à *razão* na obtenção do conhecimento. Isto é visto como um indício de que as considerações metodológicas convencionais não esgotam a compreensão do “fazer científico”.

I. Introdução

Como fazem os cientistas para obter conhecimento? Como deveriam fazer? Como podemos fazer indagações a respeito? É lógica, psicologia, sociologia da pesquisa científica ou quê? Que papel desempenham o acaso, os preconceitos e a razão na pesquisa científica? É o *método científico* suficiente para caracterizar uma *atividade científica*? Holton afirma [1]

“Considerando-se o progresso ocorrido nas ciências durante os três últimos séculos, é surpreendente como é pequeno o consenso alcançado sobre o funcionamento da imaginação científica”.

Uma coisa parece confirmada: os cientistas não escrevem seus trabalhos da mesma forma que eles foram motivados e feitos. Isto, é claro, refere-se às descobertas importantes. Grande parte das pesquisas rotineiras sim, são o resultado de projetos bem definidos. ¹ Isto não é novo como o ilustra as seguintes palavras de Faraday [3]:

“As it will be convenient to describe the experiments in a form different to that which they were made”.

Lendo os artigos de uma área bem desenvolvida de qualquer ciência, tem-se a impressão de ser algo organizado e produto de uma atividade direta. Porém, não existe nada definitivo chamado “método científico”, e o senso comum parece ser aqui tão importante quanto no conhecimento “não científico” [4].

Resulta difícil pensar apenas numa “lógica” da pesquisa [5], pelo menos no que se refere às grandes descobertas: estas são variantes do conhecimento prévio, e frequentemente são obtidas por sorte, acidente ou casualidade. A obtenção do conhecimento é acelerada por grandes descobertas inesperadas e é retardada (ou também acelerada), às vezes, por preconceitos.

A seguir consideraremos, de maneira sucinta, algumas experiências importantes que, por serem muito bem conhecidas, não serão descritas em detalhes.

II. Acaso, preconceito e razão em algumas descobertas importantes

Descreveremos algumas das descobertas mais importantes dos últimos 200 anos, tratando sempre de destacar os “elementos” *acaso*, *preconceito* e *razão* (*método científico*). Ainda que tratemos apenas descobertas experimentais, casos semelhantes podem ser encontrados

¹Lembremos as dificuldades de eminentes cientistas como Szent-Gyorgyi na elaboração de “planos de pesquisa” [2].

nas descobertas teóricas ² e ainda na matemática.

II.1 Galvani e a descoberta da corrente elétrica

Luigi Galvani descobre em 1780 a corrente elétrica acidentalmente. Isto é, aqui participa de maneira direta o *acaso*, pelo menos no que se refere à descoberta do efeito por um de seus discípulos enquanto dissecava rãs. A compreensão do efeito (*razão*) só foi possível depois de atividades cuidadosamente realizadas. Aqui a descoberta foi tão inesperada que os *preconceitos* não tiveram chance de se manifestar [7].

II.2 Malus e a dupla refração

A dupla refração (birrefringência) era conhecida desde 1669. O dinamarquês Erasmus Bartholinus descreveu-a no seu “Experimentis Crystalli Islandici”. Christian Huygens dedicou-lhe uma parte no seu “Traité de Lumière” (1690), mas não chegou a compreendê-la. Em 1808, Etienne Louis Malus, engenheiro da Armada Francesa, estando na sua casa da rua d’Enfer de Paris observou através de um cristal da Islândia (birrefringente) a luz do sol refletida nas janelas do palácio de Luxemburgo. Notou que as duas imagens eram de duas intensidades bem diferentes. Involuntariamente, girou o cristal e uma das imagens desapareceu. Um acidente! (*acaso*). À noite, ele experimentou com luz de velas refletida na superfície da água em uma tigela e em uma garrafa de vidro. Nessa mesma noite foi capaz de determinar as condições nas quais o efeito era maior, isto é, o ângulo de Brewster α_B , para o vidro e a água (a condição $\tan n = \alpha_B$ onde n é o índice de refração, foi encontrada por Brewster em 1815) [8].

Malus chegou à conclusão (*razão*), de que a teoria de Huygens era incorreta, pois esta prediz ondas longitudinais que não são polarizáveis. Este, na verdade, foi um sub-produto. Seu trabalho principal foi o descobrimento da polarização por reflexão e a teoria da dupla refração. Por isso, ele ganhou o prêmio de física em 1810 da Academia de Ciências de Paris. O *preconceito* aqui talvez seja a teoria de Huygens (se é verdade e até que ponto, deve ser verificado).

²Por exemplo, não é muito clara qual foi a motivação no caso da “corrente de deslocamento” introduzida por Maxwell. Mas sabe-se que foi muito criticada por Tait e Kelvin e que isso impediu que Maxwell colocasse de maneira clara quais eram suas verdaderas motivações para introduzir essa corrente [6].

II.3 Oersted: magnetismo e eletricidade

Em 1820, Hans Christian Oersted descobre que a corrente elétrica atua sobre agulhas magnéticas, isto ocorre somente vinte anos depois de a pilha voltaica ter sido descoberta. Por quê? Os experimentos de Oersted eram tão simples para o ano de 1820, que devemos nos perguntar por que motivos não foram feitos antes. Ainda mais, desde 1801 procurava-se a transformação da eletricidade em magnetismo [9]. Acreditava-se, este era o problema, que a relação entre o “galvanismo” (eletricidade voltaica) e o magnetismo fosse uma relação estática (*preconceito*). Oersted tinha seu próprio ponto de vista (ou seu próprio *preconceito*?) e, por isso, planejou sua famosa experiência (*razão*). Outro tipo de experiências procurando esse efeito não tinham dado certo, por exemplo, dois físicos franceses Jean Nicholas Pierre Hachette e Charles Vernard Desormes, em 1805, experimentaram com uma grande pilha voltaica. Tentaram encontrar a direção que escolheria a pilha quando estivesse suspensa horizontalmente. A pilha era feita de 1480 placas de cobre cobertas de zinco, colocadas numa canoa. Era conhecido que agulhas magnéticas flutuando se moviam numa serie de direções até finalmente ficar em repouso numa direção fixa, ou seja, Hachette e Desormes tentaram fazer uma bússola voltaica [10].

Ainda em 1819 Oersted tinha obtido resultados negativos, pois o fio e o magneto faziam um ângulo de 90° graus [10]. Outro obstáculo psicológico (*preconceito*) para o descobrimento do eletromagnetismo foi a crença de que todas as forças da natureza eram forças centrais, agindo ao longo da linha entre duas porções de matéria ou de cargas elétricas (i.e. forças gravitacionais e eletrostáticas), e por isso a força magnética deveria ser central também.

II.4 Faraday e a indução eletromagnética

Relacionado ao caso anterior está o descobrimento da indução eletromagnética por M. Faraday em 1831, 11 anos depois da descoberta do efeito Oersted. A indução de uma corrente por um magneto é o oposto

do fenômeno de Oersted. O próprio Faraday realizou experiências que deram resultados negativos. O motivo é que eram procuradas correntes contínuas, este era o *preconceito* na época, de forma que, a descoberta do caráter não estacionário da indução foi algo inesperado [11]. A experiência de J. Colladon é característica das idéias dominantes naquela época. O esquema da experiência era semelhante ao de Faraday, porém, o galvanômetro incluído no circuito secundário foi colocado em outro quarto. O experimentador ligava a corrente no circuito primário e ia logo até onde estava o galvanômetro. Parece que ele viu o efeito, porém relacionou-o ao aparelho e, por isso, levou o galvanômetro para longe daí. Faraday também esperava algo semelhante, mas ele acreditou mais nos seus olhos do que nos “resultados esperados”. Ampère também fracassou neste ponto [11].

II.5 Mayer e a conservação da energia

Um dos descobrimentos mais impressionantes foi o da conservação da energia. Em 1840, J. Robert Mayer, partiu como médico de navio, ³ para a ilha de Java. No seu diário anotou o seguinte (*acaso*) [12,13]:

1. Após uma conversa com um navegante: durante as tempestades a água do mar se esquentava.
2. De sua observação : O sangue dos marinheiros (observado quando realizava sangrias) não era escuro como ele observara na Europa, mas vermelho e claro e, ainda, quando passavam por regiões quentes, os marinheiros comiam menos que nas regiões frias, ainda que realizassem o mesmo trabalho. ⁴

Tudo isso já era do conhecimento dos “homens de mar”, Mayer porém chegou à seguinte conclusão: O homem é similar a uma máquina térmica. O calor que sai de seu corpo é o resultado da combustão (oxidação) do

oxigênio do sangue. Esta energia liberada na oxidação é usada em parte para esquentar o corpo. A partir daí, Mayer começaria uma série de trabalhos com o objetivo de reforçar este ponto de vista. De fato esta foi a “idéia fixa” na vida de Mayer.

Em 1841 enviou um trabalho à revista “Annalen der Physik und Chemie” que tinha como editor Poggen-dorff, mas nem recebeu resposta deste. ^{5,6} É verdade que o título do trabalho de Mayer parece-nos hoje um pouco esquisito: “Sobre a determinação quantitativa e qualitativa da força, obra de R. Mayer, doutor em Medicina e Cirurgia, Médico prático de Heilbron”. ⁷

No ano seguinte, Mayer publica um novo trabalho, mais quantitativo, junto com o fisiólogo Liebig. Em 1845, conseguiu publicar seu trabalho “O movimento orgânico em relação com o metabolismo”, no qual, baseando-se em experiências feitas por Gay-Lussac, dá o valor de 3.7 joules ao equivalente mecânico do calor. Apenas poucos anos antes da sua morte (1878), Mayer foi reconhecido. ⁸ Em 1858 foi eleito membro honorário da Basel Academy of Natural Sciences. O *acaso*, o *preconceito* e a *razão* aparecem bem claros neste exemplo.

II.6 Roegten e os raios-X

Um outro exemplo é a descoberta dos raios-X. Vários cientistas perderam a oportunidade do seu descobrimento. Os efeitos dos raios-X eram vistos, mas não reconhecidos como fenômeno. Há muito tempo era conhecido que placas fotográficas, perto de tubos de raios catódicos, eram danificadas. William Crookes, achou que eram as placas que não serviam e reclamou ao produtor das mesmas, a Ilford Photographic Company. Frederick Smith, de Oxford, simplesmente disse ao seu assistente para guardar as placas em outro lugar.

Em 1880, E. Goldstein [9] chegava à conclusão de que os raios catódicos eram uma forma de luz, pois

³ Ele era um cientista amador, mas pode ser considerado um dos fundadores da termodinâmica e da biofísica!

⁴ A cor mais vermelha significa menos oxidação, isto é, menos calor produzido.

⁵ Aliás, Pogendorff tinha recusado o trabalho de Carnot, “Reflexões sobre a força motriz do calórico e sobre as máquinas capazes de desenvolver esta força” em 1824. Parece que Carnot já conhecia a conservação da energia, mas não a publicou. Por exemplo, ele já tinha dado ao equivalente do calor o valor de 3.6 joules, contra o valor correto de 4.2 joules.

⁶ O segundo e mais importante trabalho de Mayer “Motion in organism and its connection with metabolism. A contribution to natural sciences” foi submetido a Annalen der Chemie und Pharmacie editada por J. Liebig mas foi rejeitado também e acabou sendo editado pelo próprio Mayer como um livro [12].

⁷ Lembremos que, na época, a energia cinética era conhecida como ‘força viva’.

⁸ Passou 10 anos num manicômio!

“excitam telas fluorescentes colocadas no interior dos tubos e protegidas do cátodo, mas expostas à radiação das paredes às quais chegam os raios...”. W. Roentgen, poucos dias depois de trabalhar na área, observou efeitos similares e chegou à conclusão que todos conhecem. O efeito casual da descoberta de Roentgen não deve ser usado para minimizar o mérito de Roentgen [14].

II.7 Becquerel e a radioatividade

No dia 20 de junho de 1896, H. Poincaré descrevia o descobrimento dos raios-X num seminário na Academia de Ciências de Paris. Ele deu ênfase ao fato de os raios-X aparecerem onde os raios catódicos batem na parede do tubo de vidro. Como era conhecido que o vidro é fluorescente sob os efeitos dos raios catódicos, Becquerel pensou que os dois fenômenos, o da fluorescência e o da emissão dos raios-X, deveriam estar relacionados (o que hoje sabemos que está errado) e decidiu checar experimentalmente se alguns materiais fluorescentes ou fosforescentes não emitiam raios-X. Primeiro experimentou com sais de urânio e logo chegou à descoberta da radioatividade após o acidente que é bem conhecido [15].

II.8 A experiência de Davisson-Germer

Em 1927, Clinton J. Davisson e Lester H. Germer, publicaram um trabalho, que começa da maneira seguinte (atualmente pouco usada) ⁹ :

“ A pesquisa relatada neste trabalho começou como resultado de um acidente que ocorreu neste laboratório em abril de 1925. Nesse tempo, continuávamos uma pesquisa, comunicada em 1921...da distribuição angular de elétrons espalhados pelo alvo de níquel policristalino (ordinário). No decorrer desse trabalho, uma garrafa de ar líquido explodiu no momento em que o alvo estava a uma temperatura alta. O tubo da experiência quebrou-se e o alvo foi oxidado pelo ar. O óxido foi logo reduzido e uma camada do alvo removida por vaporização, isto só depois de prolongado aquecimento a

diferentes temperaturas em hidrogênio e no vácuo.

Quando as experiências foram continuadas, encontrou-se que a distribuição angular dos elétrons tinha mudado completamente... Esta alteração acentuada do padrão de espalhamento deve-se à recristalização do alvo durante o prolongado aquecimento. Antes do acidente e em experiências anteriores, bombardearam-se muitos cristais pequenos, mas nos testes que se seguiram ao acidente bombardeamos somente uns poucos cristais grandes...da ordem de dez.

Parece provável, a partir destes resultados, que a intensidade de espalhamento por um só cristal exhibe uma marcada dependência na direção do cristal, e começamos a preparar experiências para uma pesquisa desta dependência. Devemos admitir que os resultados obtidos estão em grande discrepância com as nossas expectativas.”

Aqui o *acaso*, *preconceito* e *razão* estão inigualavelmente claros nas palavras do próprio pesquisador. Desde Hamilton, procurava-se uma lei que governasse a propagação da luz e o movimento das partículas [16].

Em particular, os raios-X e raios- γ eram considerados partículas, afinal eram emitidas junto com partículas α e β , e tinham grande poder de penetração, e mesmo depois das experiências de refração em 1913, por von Laue e colaboradores, que estabeleciam univocamente o caráter ondulatório desses raios, a possibilidade deles serem ao mesmo tempo alguma coisa corpuscular não era completamente descartada. Em 1912, dizia Bragg: “Não se deve decidir entre duas teorias dos raios-X mas, achar uma teoria que possua a capacidade de duas”. Louis de Broglie conheceu estas idéias através de seu irmão Maurice, secretário do primeiro Congresso de Solvay e, como é bem conhecido, a tese de doutorado de de Broglie foi sobre a dualidade onda-corpúsculo das partículas.

⁹Phys. Rev. 30, 705(1927).

Davissson estava interessado na emissão de elétrons secundários por metais desde 1912. Mas foi apenas em 1926, depois de assistir ao encontro da Associação Britânica para o Progresso da Ciência em Oxford, que ele tomou conhecimento dos trabalhos de Schrödinger e assim ele pode planejar a sua famosa experiência.

Em maio de 1927, G. P. Thomson, e seu estudante A. Reid, completaram experiências com filmes finos de celuloide. R. Ironside, colaborador de Thomson, fez experiências similares com outros materiais, o mesmo fazendo Seishi Kikushi da Universidade de Tokyo, com mica.

Em 1937, Davissson e Thomson ganham o prêmio Nobel de Física. Rutherford perdeu uma boa oportunidade. Em 1924, Charles Ellis, do Laboratório Cavendish interessou-se pelas idéias de de Broglie, mas não conseguiu convencer Rutherford para realizar as experiências. Neste exemplo, o *acaso* e a *razão* aparecem nitidamente e o *preconceito*, aqui, ajudava (pelo menos do ponto de vista dos teóricos). No caso de Thomson parece que o desenvolvimento da pesquisa, sim, foi de acordo com o método científico.

III. A Imaginação científica

Como funciona a imaginação científica? Nos exemplos dados acima, analisamos a concorrência dos fatores como o *acaso*, o *preconceito* e a *razão* (ou *método científico*) em algumas das descobertas fundamentais. Quando Mayer escreve a seu amigo Griesinger em dezembro de 1842 [12]

“It is my assertion that motion, heat, light, electricity and the various chemical reactions are all one and the same object under differently appearing forms.”

tinha ele fundamentos ditos “científicos” para dizer isso ou apenas estava afirmando a idéia fixa que o perseguiu a vida toda? Helmholtz em 1877 disse numa palestra [12]

“It is easy to find superficial analogies which are entertaining in lay circles, and the turning up of clever coincidences soon confers on their author the reputation of being ingenious person...A scientific investigator who

does not choose to bring his ideas to market until he has verified them from every possible angle, has removed all objection and has firmly established his demonstration, suffers thereby an unmistakable disadvantage...”

Não é bem isso que ocorre hoje em dia, mesmo nas pesquisas feitas por profissionais, como pode ser verificado nos jornais frequentemente.

Um terceiro ensaio de 1948 “Contributions to Celestial Mechanics, popularly presented”, também foi financiado pelo próprio Mayer. Nele, Mayer tentava explicar o calor do sol a partir da transformação em calor da energia mecânica dos meteoritos que caem no sol. Esta idéia foi colocada anos depois por Kelvin mas, sem fazer qualquer referência a Mayer [12]. O trabalho de Mayer demorou para ser reconhecido. Joule menciona os resultados de Mayer em seu trabalho de 1847 no Comptes Rendues. Na época um joven *privat dozent* Seyffer atacou Mayer chamando-o até de ignorante e a sua teoria mecânica do calor de “brincadeira”. Mayer não tinha formação acadêmica mas seu conceito da conservação da energia, não era apenas uma opinião emitida gratuitamente mas defendida por argumentos e cálculos (ainda que mais rudimentares que os dos especialistas) e por isso sua contribuição para as ciências não pode ser considerada apenas anedoticamente.

Se pretendemos elucidar, mesmo a *grosso modo*, o processo da imaginação científica, parece natural que comecemos por discutir sobre o conceito de ‘Ciência’. É claro, imediatamente surgem dificuldades para tal tarefa. Quando descrevemos as experiências da secção anterior, havia implicitamente um consenso: aquilo é, de alguma maneira, *fazer ciência*. Nesse sentido, podemos pensar que a história da ciência é uma forma operacional de definir a ciência. É claro que é um círculo vicioso: a maneira de fazer história da ciência depende do conceito de ciência do historiador.

Para T. Kuhn a História da Ciência [4]

“...deve dar-nos uma imagem da ciência que fundamentalmente é diferente da imagem usual dos próprios cientistas que a ad-

quidem no estudo de realizações científicas acabadas.”

Porém, de que maneira? Não como sugerem os textos científicos clássicos,¹⁰ nos quais

“...o conteúdo da ciência é exemplificado de maneira ímpar pelas observações, leis e teorias descritas em suas páginas,...e os métodos científicos são ...ilustrados pelas técnicas de manipulação empregadas na coleta de dados...juntamente com as operações lógicas utilizadas ao relacionar esses dados às generalizações teóricas...”

Na prática, o conceito de acumulação é cada vez mais difícil de ser sustentado. Por exemplo, ainda segundo Kuhn, é cada vez mais evidente que uma pesquisa histórica não deve começar respondendo a perguntas como: quando foi descoberto o oxigênio?

Essa visão de fazer história levou à mudanças

“Em vez de procurar as contribuições permanentes de uma ciência mais antiga para nossa perspectiva privilegiada, deve-se procurar apresentar a integridade histórica daquela ciência, a partir da sua própria época.”

Pode-se dar exemplos, como os de Copérnico e Galileu, entre tantos outros, nos quais interessa a relação, não com a ciência moderna mas, entre as concepções de Galileu e aquelas compartilhadas por seu grupo, isto é, seus professores, contemporâneos e sucessores imediatos nas ciências^[4]. Uma consequência do ponto de vista de Kuhn, se não a única, é a

“...insuficiência das diretrizes metodológicas para ditarem, por si só, uma única conclusão substantiva para várias questões científicas. Aqui aparece uma posição que vai contra a tradição advocada por Popper.”

Ainda não sabemos como produzir pessoas como, Mayer.¹¹ Ademais, o que é importante é o reconheci-

mento de que mesmo cientistas profissionais usam procedimentos que não estão dentro de um método rigoroso. Exemplos? Hubble e Millikan. O primeiro não tinha, segundo Weinberg^[17], dados que colocassem em evidência a recessão das galáxias e o segundo aplicava critérios subjetivos para eliminar alguns dados experimentais no seu trabalho sobre a quantização da carga elétrica^[1]. No entanto as duas descobertas foram historicamente corretas. Quer dizer, permitiram um avanço tanto nos aspectos teóricos quanto nos experimentais.

Isso levanta uma outra questão : quando uma experiência é crucial? Parece que é necessário um contexto teórico apropriado. A violação da paridade teria sido dada como descoberta em 1928 por Cox e colaboradores, se essa questão fosse considerada importante do ponto de vista teórico^[18], mas na época não foi reconhecido o efeito de Cox.¹²

É esse fato que queremos salientar aqui: os cientistas usam também preconceitos e intuição, no importa o que estas idéias signifiquem, para tratar os dados experimentais ou mesmo para elaborar uma teoria. As experiências descritas na Seção 2 deixam claro que nem todas as atitudes ou procedimentos dos pesquisadores envolvidos nelas podem ser considerados como metodológicos no sentido usual^[6].

Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro, a J.G. Pereira, G.A.E. Matsas e M. C. Tijero pela leitura crítica do manuscrito.

Referências

1. G. Holton, *A Imaginação Científica*, Zahar Editores, RJ 1979.

¹⁰ Que tem por finalidade a formação de novas gerações de cientistas.

¹¹ Ele mesmo tinha preconceitos com relação as teorias de Darwin e à segunda lei da termodinâmica.

¹² Eles estudaram dupla refração de elétrons produzidos em decaimentos beta e por isso, sabemos agora, estavam polarizados.

2. A. Szent-Gyorgyi, *Science*, **176**, 966(1973).
3. M. Faraday, *Experimental Researches in Electricity*, J. M. Dent & Sons, 1951, pág. 128.
4. T. S. Kuhn, *A Estrutura das Revoluções Científicas*, Editora Perspectiva, 1978.
5. K. R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson & Co., 1959.
6. A. M. Bork, *Maxwell, Displacement Current and Symmetry*, *Am. J. Phys.* **31**, 854(1963); I. S. Shapiro, *Sov. Phys. Usp.* **15**, 651(1973).
7. E. S. Barr, *Am. J. Phys.* **30**, 347(1962). E. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, Thomas Nelson and Sons LTDA, 1951.
8. A. Wroblewski, *Chance, Prejudice and Reason in Scientific Investigation*, preprint da Universidade de Siegen SI-83-18.
9. R. A. R. Thicker, *Early Electrodynamics. The first law of circulation*, Pergamon press, 1965.
10. R. A. R. Thicker, *The Contributions of Faraday & Maxwell to Electrical Science*, Pergamon, 1966.
11. R. Taton, *Reason and Chance in Scientific Discovery*, Science Edition Inc., N.Y. 1974.
12. R. B. Lindsay, *Julius Robert Mayer*, Pergamon Press, 1973.
13. Ya. Smorodinski, *La Temperatura*, Editorial MIR, Moscú 1983.
14. C. A. dos Santos, *Ciência Hoje*, **19**(114), 26 (1995).
15. E. Segre, *Dos Raios-X aos Quarks*, Editora Universidade de Brasilia, 1980.
16. M. Jammer, *The Conceitual Development of Quantum Mechanics*, McGraw-Hill, 1966.
17. S. Weinberg, *The First Three Minutes*, London: Deutsch, 1977.
18. A. Franklin, *The Discovery and Nondiscovery of Parity Nonconservation*, *Stud. Hist. Philos. Sci.* **10**, 201(1979) e R. Cox, *Adventures in Experimental Physics*, γ Volume, 145(1973).