

Revisitando "Três tradições explicativas na lei da queda dos corpos"

Carlos Arthur R. do Nascimento

RESUMO – Este trabalho retoma a discussão do enquadramento teórico (concepções de ciência e método) presente no estabelecimento da lei da queda dos corpos nos *Discorsi* de Galileu. Confronta-se um artigo anteriormente publicado com as observações e objeções formuladas por M. Clavelin e tenta-se aproximar a interpretação proposta por Clavelin de um esquema científico-metodológico encontrável em Rogério Bacon.

Em 1983 publicamos um pequeno artigo sob o título acima. Neste propúnhamos, em síntese, que Galileu, na passagem introdutória ao estudo do movimento uniformemente acelerado nos *Discorsi...* (Galilei, 1929/39, v. 8, p. 197-8; Mariconda, L. & P. R., 1988, p. 159-161; Nascimento, 1980, p. 145-6), bem como na passagem que precede imediatamente o relato da experiência com o plano inclinado (Galilei, 1929/39, v. 8, p. 212; Mariconda, 1988, p. 174-5), combina três posturas científico-metodológicas não perfeitamente coincidentes. Procurávamos, com efeito, mostrar que nestes passos dos *Discorsi* Galileu, para justificar a seus próprios olhos e aos de seus pares seu estudo do movimento uniformemente acelerado, recorria sucessivamente: ao raciocínio *ex hypothesi* da tradição astronômica interpretado de maneira realista; à dedução a partir de princípios auto-evidentes na esteira da tradição aristotélico-euclidiana; à tradição das chamadas ciências intermediárias entre a matemática e a física. De fato, Galileu supõe primeiro que “a definição que daremos de nosso movimento acelerado venha a concordar com a *essência* dos movimentos naturalmente acelerados... baseados principalmente na seguinte razão: que as propriedades sucessivamente demonstradas por nós aparecem como correspondentes ao que os experimentos naturais apresentam aos sentidos e

congruentes com isto” (grifo nosso). Galileu supõe, pois, que a correspondência e congruência das propriedades demonstradas a partir da definição com o que os experimentos naturais apresentam aos sentidos confirmam retroativamente a própria definição formulada hipoteticamente (*ex suppositione*). Dizendo em outros termos: transporta-a do reino dos possíveis (geometria pura) para o reino da natureza (física).

Em sua segunda consideração Galileu, tendo em conta o princípio de economia como uma lei ontológica (“a natureza em todas as suas obras... usa dos meios mais próximos, mais simples e mais fáceis”), supõe que os acréscimos sucessivos de velocidade (aceleração) no movimento de queda livre se dêem “pela razão mais simples e mais óbvia a todos”, quer dizer, em função das porções iguais de tempo decorrido. Assim sendo, a definição do movimento uniformemente acelerado como sendo “aquele que, partindo do repouso, acrescenta a si, durante tempos iguais, momentos iguais de celeridade” é dita não parecer “de modo nenhum dissonante da reta razão” e ser mesmo a “mais simples e mais óbvia a todos”. Dela, como auto-evidente, podemos então deduzir toda uma série de teoremas ou de proposições mediatas como a geometria grega tinha praticado largamente e como Aristóteles teorizara de modo mais amplo nos *Segundos Analíticos*.

Enfim, em sua terceira consideração, Galileu apresenta a definição técnica das ciências intermediárias (“ciências que aplicam às conclusões naturais as demonstrações matemáticas”) e enumera as mais conhecidas: óptica, astronomia, mecânica, acústica, etc. Aqui o procedimento padrão consiste em “confirmar com experiências sensíveis os... princípios que são os fundamentos de toda a estrutura subseqüente”. Quer dizer, trata-se ainda de um pro-

* Departamento de Filosofia – PUC/SP.

cedimento dedutivo, mas os “princípios” da dedução não são tomados como auto-evidentes e devem ser confirmados através de “experiências sensíveis”.

Posteriormente à redação do artigo, que acabamos de resumir em seus aspectos principais, tomamos conhecimento da comunicação do professor Maurice Clavelin ao 1º Colóquio de História da Ciência do Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência da Universidade de Campinas, realizado em 26 e 27/03/85 (Clavelin, 1986). O professor Clavelin teve mesmo a disponibilidade de comentar (em carta pessoal) o texto do artigo em questão. Sua grande objeção à análise proposta do primeiro passo galileiano (aquele que parece aludir ao raciocínio *ex hypothesi* da astronomia antiga e medieval) é justamente a identificação por nós suposta. Lembra ele: “Galileu sabia perfeitamente que não se pode afirmar a verdade do antecedente a partir da afirmação da verdade do conseqüente. Assim fazer seria incorrer na conhecida *fallacia consequentis*. “Para poder afirmar a verdade do antecedente, é preciso algo muito mais forte: ter mostrado não somente que, sendo posto o antecedente, segue-se o conseqüente, mas que *o conseqüente reconduz necessariamente ao antecedente*. Ora, a colocação em evidência desta relação tem um nome na filosofia natural tradicional: é a *demonstratio quia*” (*ibid.*, 1986). Dito em outros termos: Galileu teria recorrido à *demonstratio quia* da tradição escolástica que ele conhecera por intermédio dos jesuítas do Collegio Romano (*ibid.*, 1986, p. 40-1). Na demonstração *quia* “começa-se raciocinando *ex suppositione*, ou seja, postulando o princípio ou os princípios capazes de dar conta dos efeitos; será então a colocação em evidência de uma conexão necessária entre os princípios (ou causas) e os efeitos (e aqui será desempenhado o papel da experiência) que permitirá transformar as suposições iniciais em verdades” (*ibid.*, 1986, p. 41). Pode-se dizer que Galileu utiliza o esquema do modo *ponendo ponens*, de tal modo que, posto o efeito *p*, então devemos pôr também a conexão necessária entre *p* e sua causa *q*, de tal modo que $p \Rightarrow q$ e devemos finalmente pôr a causa *q* (*ibid.*, 1986, p. 41). É por esta razão que Galileu pode, no primeiro de seus esquemas de apresentação da definição do movimento uniformemente acelerado, passar do efeito à causa sem incorrer na *fallacia consequentis*.

É certo que as observações do professor Clavelin, explorando as descobertas de Crombie e Carugo (1983), são esclarecedoras e permitem compreender o que à primeira vista pareceria uma, um tanto estranha, ruptura de Galileu com a tradicional interpretação convencionalista das “hypothesis” astronômicas. Gostaríamos mesmo de relembrar um velho esquema científico-metodológico do século XIII em que as três formas de apresentação usadas por Galileu em relação ao movimento uniformemente acelerado encontram-se associadas. Trata-se do *Tratado sobre a multiplicação das espécies* de Rogério Bacon, que pode ser caracterizado como um tratado geral sobre as radiações (Nascimento, 1981). A segunda parte deste trabalho associa três procedimentos que permitem estabelecer uma conclusão. Talvez Bacon considerasse este tríplice procedimento o esquema ideal de demonstração, justamente por combinar a demonstração mais rigorosa da geometria e a experiência mais exata com instrumentos. Apresenta ele sinteticamente tal procedimento em três etapas da seguinte maneira:

Em seguida devemos considerar em segundo lugar que toda reflexão se dá a ângulos iguais, no que concordam Ptolomeu na Óptica, isto é, Tratado das Aparências, Alhazen na Perspectiva e Jacó Alkindi no Tratado das Aparências e todos os autores. Donde, *o experimento, a causa e o efeito* mostrarem isto e ensinarem a construir *instrumentos para experimentá-lo* (Bacon, 1983, 2. parte, cap. 6, p. 136, lin. 33-37; grifo nosso).

Na seqüência, Bacon apresenta uma prova *per experimentum* ou *per experientiam* em que intervém um instrumento. Através desta prova,

Ver-se-á sensivelmente como a natureza opera de modo admirável, pois o raio incidente retornará sobre a linha contendo um ângulo igual ao ângulo de incidência e não sobre outra, se o experimentador souber se adaptar à observação atenta dos segredos da natureza; e o raio incidente sobre a perpendicular retornará em si mesmo, como pode ser manifesto aos sentidos (*ibid.*, cap. 6, p. 138, lin. 49, p. 140, lin. 54).

Seguem-se a esta prova demonstrações geométricas da lei de reflexão que constituem provas *per causam*: *Et ratio ad hoc est...* (*ibid.*, cap. 6, p. 140, lin. 55, p. 144, lin. 102).

O capítulo 6 da IIª parte do *Tratado sobre a multiplicação das espécies*, que vimos acom-

panhando, se fecha com duas breves provas *per effectum*. O mecanismo lógico deste tipo de prova pode, no entanto, ser melhor captado através do exemplo que Bacon apresenta a propósito da refração. Se colocarmos diante do Sol um cristal esférico, encontraremos um ponto em que os raios solares se concentram e provocam a combustão de algum material facilmente inflamável aí colocado. Ora, esta combustão seria impossível se os raios do Sol não sofressem uma dupla refração: ao penetrar no cristal e ao sair dele. Temos então um fenômeno (efeito) observado: a combustão. Ora, esta não seria possível se os raios solares não se concentrassem num determinado ponto, o que só é possível (no caso em exame) através da refração dos raios solares ao passarem do ar ao cristal e, de novo, do cristal ao ar (*ibid.*, cap. 4, p. 116, lin. 169, p. 118, lin. 192).

Bacon teria montado seu esquema demonstrativo de três etapas ou vias, combinando a experiência com aparelhos que ele encontrou na *Óptica* de Ptolomeu e de Alhazen com os dois tipos de demonstração de que Aristóteles fala nos *Segundos Analíticos*: demonstração do porquê (*propter quid*) e de quê (*quia*) (Nascimento, 1986).

Podemos agora voltar a Galileu e verificar que há um paralelismo entre suas tentativas de justificar a definição proposta de movimento uniformemente acelerado e os três procedimentos de Rogério Bacon. A primeira justificativa de Galileu, se aceitarmos a interpretação apresentada pelo professor Clavelin, corresponde à prova *per effectum* de Bacon e remete à demonstração *quia* de Aristóteles. A segunda retoma a típica prova do porquê (*propter quid*) de tipo geométrico, comum a Aristóteles, Bacon e Galileu. Aqui, a definição do movimento uniformemente acelerado ou, mais precisamente, a proposição que atribui a este, não pode nem precisa ser provada, pois ela é auto-evidente. Só pode e deve ser explanada. A terceira justificativa de Galileu, ao introduzir a experiência com o plano inclinado, parece ser um pouco mais problemática. De fato, Galileu pretende aí confirmar o seu "primeiro e máximo fundamento, sobre o qual se apóia a imensa máquina de infinitas conclusões" (Mariconda, L. & P. R., 1988, p. 175). Isto é, Galileu pretende fundamentar sua definição do movimento uniformemente acelerado. Neste sentido, a experiência do plano inclinado exemplifica de maneira

típica o que foi dito no primeiro enquadramento justificatório desta definição. De fato, a lei dos quadrados dos tempos, deduzida no Teorema II desta parte dos *Discorsi*, concorda com o que o experimento nos mostra aos sentidos. Ora, como esta lei foi deduzida a partir da definição proposta de movimento uniformemente acelerado, a concordância entre a lei deduzida e o observado apóia retrodutivamente a definição em questão. No entanto, se isto é verdade, fica um tanto deslocado o apelo às ciências intermediárias. De fato, as experiências que estas (sobretudo a óptica) aduzem para confirmar seus princípios seriam do tipo do argumento *per experientiam* ou *per experimentum* de Bacon, fazendo ver diretamente o modo de operar da natureza. Galileu, aliás, recorre a um experimento deste tipo para fundamentar o postulado de que "os graus de velocidade alcançados por um mesmo móvel em planos diferentemente inclinados são iguais quando as alturas desses planos também são iguais" (*ibid.*, 1988, p. 167-169), necessário para a construção da ciência do movimento uniformemente acelerado. É claro que a experiência do plano inclinado, verificando diretamente a lei do quadrado dos tempos, fundamenta a definição do movimento uniformemente acelerado proposta. Mas, o faz indiretamente, por retrodução.

Se for permitida alguma conclusão, enfatizaríamos a importância de ler Galileu confrontando-o com as concepções de seu tempo e dos anteriores, pois é neste contexto que ele elaborou seu pensamento, ao passo que não podia ter a mínima idéia do que seria o conhecimento da Natureza nos séculos subsequentes.

Restaria ainda estudar em detalhe como as concepções evidenciadas na tradição medieval (no presente caso a tríplice forma de justificar uma proposição apresentada) chegaram até Galileu.

LISTA BIBLIOGRÁFICA

- BACON, R. De multiplicatione specierum. In: LINDBERG, D. C. *Roger Bacon's Philosophy of Nature*. Oxford: Clarendon Press, 1983.
- CARUGO, A.; CROMBIE, A. C. The Jesuits and Galileo's ideas of science and of nature. *Annali dell' Instituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze*, Florença, v. 8, p. 3-68, 1983.

CLAVELIN, M. A revolução galileana: revolução metodológica ou teórica? *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, Campinas, v. 9, p. 35-44, 1986.

GALILEI, G. Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno a due nuove scienze. In: FAVARO, A. (org.) *Le opere di Galileo Galilei*. Edizione Nazionale a cura di A. Favaro. 2. ed. Florença: G. Barbera, 1929-1939. 20 v.

MARICONDA, L.; MARICONDA, P. R. (eds.) *Dois novas ciências, Galileu Galilei*. 2. ed. São Paulo: Nova Stella, 1988.

NASCIMENTO, C. A. R. do Quatro textos de Galileu. *Trans/Form/Ação*, Marília, v. 3, p. 143-7, 1980.

Três tradições explicativas na lei da queda dos corpos. *Trans/Form/Ação*, Marília, v. 6, p. 5-12, 1983.

A metodologia do *De multiplicatione specierum*. *Anais da ANPOF*, Campinas, v. 1, p. 13-18, 1986.

Une théorie des opérations naturelles fondée sur l'optique: Le *De multiplicatione specierum* de Roger Bacon. *Manuscrito*, Campinas, v. 5, p. 32-35, 1981. Tradução: Conhecer para dominar: Rogério Bacon. In: *Uma história da filosofia – verdade, conhecimento e poder*. Rio de Janeiro: Univerta: UFRJ, 1988. v. 2, p. 115-147.

(Recebido em 24/01/91)