

O QUE É



CIÊNCIA

*TRABALHO REALIZADO POR: AFONSO SANTOS E
PEDRO CAMPOS*

O QUE É CIÊNCIA?

ÍNDICE:

<i>1. A VISÃO COMUM DE CIÊNCIA</i>	<i>1</i>
<i>2. OBJEÇÕES À VISÃO COMUM DA CIÊNCIA.....</i>	<i>4</i>
<i>3. POPPER E O FALSEACIONISMO.....</i>	<i>9</i>
<i>4. LIMITAÇÕES DO FALSEACIONISMO</i>	<i>12</i>
<i>5. LAKATOS: UMA VISÃO CONTEMPORÂNEA DA CIÊNCIA.....</i>	<i>18</i>
<i>REFERÊNCIAS E SUGESTÕES DE LEITURA.....</i>	<i>23</i>

1. A VISÃO COMUM DE CIÊNCIA

Constitui crença generalizada que o conhecimento fornecido pela ciência se distingue por um grau de certeza alto, desfrutando assim de uma posição privilegiada com relação aos demais tipos de conhecimento (o do homem comum, por exemplo). Teorias, métodos, técnicas, produtos, contam com aprovação geral quando considerados científicos. A autoridade da ciência é evocada amplamente. Indústrias, por exemplo, frequentemente rotulam de “científicos” processos por meio dos quais fabricam seus produtos, bem como os testes aos quais os submetem. Atividades várias de pesquisa nascentes se auto-qualificam “científicas”, buscando afirmar-se: ciências sociais, ciência política, ciência agrária, etc.

Essa atitude de veneração frente à ciência deve-se, em grande parte, ao extraordinário sucesso prático alcançado pela física, pela química e pela biologia, principalmente. Assume-se, implícita ou explicitamente, que por detrás desse sucesso existe um “método” especial, uma “receita” que, quando seguida, redunde em conhecimento certo, seguro.

A questão do “método científico” tem constituído uma das principais preocupações dos filósofos, desde que a ciência ingressou em uma nova era (ou nasceu, como preferem alguns), no século XVII. Formou-se em torno dela e de outras questões correlacionadas um ramo especial da filosofia, a *filosofia da ciência*. Investigações pioneiras sobre o “método científico” foram conduzidas por Francis Bacon (1561-1626). Secundadas no século XVII por declarações de eminentes cientistas, como Galileo, Newton, Boyle, e, no século seguinte, pelos Enciclopedistas, suas teses passaram a gozar de ampla aceitação até nossos dias, não tanto entre os filósofos, mas principalmente entre os cientistas, que até hoje muitas vezes afirmam seguir o método baconiano em suas pesquisas. Isso é singular, visto que os estudos recentes em história da ciência vêm revelando que os métodos efetivamente empregados pelos grandes construtores tanto da ciência clássica quanto da moderna têm pouca conexão com as prescrições do filósofo inglês.

De forma simplificada, podemos identificar nas múltiplas variantes dessa visão da atividade científica e da natureza da ciência □ a que chamaremos *visão comum da ciência* □ algumas pressuposições centrais:

a) *A ciência começa por observações.* Bacon propôs que a etapa inicial da investigação científica deveria consistir na elaboração, com base na experiência, de extensos catálogos de observações neutras dos mais variados fenômenos, aos quais chamou “tábuas de coordenações de exemplos” (*Novum Organum*, II, 10). Como exemplo, elaborou ele mesmo uma lista de exemplos de corpos quentes, visando a iniciar o estudo científico do calor. Essa tábua é então complementada por duas outras, igualmente de longa extensão, reunindo “casos negativos” (corpos privados de calor) e casos de corpos que possuem uma “disposição” para o calor.

b) *As observações são neutras.* As referidas observações podem e devem ser feitas sem qualquer antecipação especulativa, sem qualquer diretriz teórica. A mente do cientista deve estar limpa de todas as ideias que adquiriu dos seus educadores, dos teólogos, dos filósofos, dos cientistas; ele não deve ter nada em vista, a não ser a observação pura.

c) *Indução.* As leis científicas são extraídas do conjunto das observações por um processo supostamente seguro e objetivo, chamado *indução*, que consiste na obtenção de proposições gerais (como as leis científicas) a partir de proposições particulares (como os relatos observacionais). Servindo-nos de uma ilustração simples, a lei segundo a qual todo papel é combustível seria, segundo a visão que estamos apresentando, obtida de modo seguro de um certo número de observações de pedaços de papel que se queimam. A lei representa, pois, uma generalização da experiência. O processo inverso, de extração de proposições particulares de uma lei geral, assumida como verdadeira, cai no domínio da lógica, sendo um caso de *dedução*.

Durante a primeira metade do século XX, uma plêiade de eminentes filósofos empreendeu aperfeiçoar aquilo que vimos denominando de concepção comum de

ciência, em um sofisticado programa filosófico, conhecido como *positivismo lógico*. Esse movimento, cujo núcleo original formou-se em torno do chamado Círculo de Viena, na década de 1920, exerceu uma influência marcante sobre a comunidade científica, que perdura até nossos dias, não obstante críticas severas ao positivismo lógico terem surgido ainda na década de 1930.

2. OBJEÇÕES À VISÃO COMUM DA CIÊNCIA

Iniciemos nossa simplificada exposição das objeções à visão comum da ciência examinando brevemente a questão da justificação da indução. Dentro do âmbito restrito de nossa discussão, o processo dedutivo não apresenta maiores dificuldades; podemos assumir que se a verdade de uma proposição estiver assegurada, também o estará a de todas as proposições que dela decorrerem dedutivamente, pelo uso das leis da lógica. Tais leis, no entanto, não asseguram a validade do processo indutivo. Voltando ao nosso exemplo, nenhum conjunto de observações de incineração de pedaços de papel, por maior e mais variado que seja, é suficiente para justificar *logicamente* a lei segundo a qual todo papel é combustível. Não há contradição formal, lógica, em se afirmar que embora todos os pedaços de papel já examinados tenham se queimado, esta folha *não* é combustível. Isso pode contrariar o senso-comum, as leis da química e da física, mas não as da lógica.

Eliminada a possibilidade de justificação lógica, resta, segundo os pressupostos empiristas dos próprios defensores dessa concepção, unicamente a justificação *empírica*. No entanto, os filósofos John Locke e David Hume apontaram, nos séculos XVII e XVIII, que a justificação empírica da indução envolve dificuldades insuperáveis.

Essa constatação veio a exercer uma enorme influência na filosofia, estimulando, por um lado, a retomada de doutrinas racionalistas (Kant) e, por outro, a reformulação dos objetivos empiristas, com o reconhecimento de que o ideal original de certeza e infalibilidade do conhecimento geral do mundo exterior não pode ser atingido. Procurou-se, assim, determinar condições nas quais o salto indutivo seja feito da maneira mais segura possível. Entre as condições que têm sido propostas destacaríamos:

- d) *o número de observações de um dado fenômeno deve ser grande;*
- e) *deve-se variar amplamente as condições em que o fenômeno se produz; e*

f) *não deve existir nenhuma contra evidência, i.e., observação que contrarie a lei.*

Embora pareçam *prima facie* razoáveis, um pouco de reflexão e inspeção cuidadosa da história da ciência revelam que tais condições não são nem suficientes para garantir as inferências indutivas, nem necessárias ao estabelecimento de nossas melhores teorias científicas.

Que não são suficientes para assegurar a validade do processo indutivo já está claro de nossas considerações anteriores. Dada uma proposição geral qualquer, não importa quão numerosas e variadas tenham sido as observações que lhe forneceram suporte indutivo, é sempre possível que a próxima observação venha a contrariar as anteriores, falseando a proposição geral. Se apelarmos para o princípio da regularidade da natureza, estaremos na obrigação de justificá-lo. Mas tal princípio evidentemente não é de natureza lógica; e se lhe quisermos dar justificação empírica, caímos de novo no problema da indução.

Além disso, podemos ver que as condições enumeradas também não são necessárias para as mais importantes teorias científicas. Primeiro, quanto à condição (d), atentemos para o fato de que alguns dos mais fundamentais experimentos científicos não foram repetidos senão umas poucas vezes, ou mesmo, como é comum, foram realizados apenas uma vez. Muitas das generalizações empíricas nas quais mais certeza depositamos resultaram de uma única observação. Quem, por exemplo, duvidaria que a explosão de bombas atômicas causa a morte de seres humanos após Hiroshima haver sido arrasada?

Quanto à condição (e), notemos que a variação das condições de observação também não tem ocorrido ao longo do desenvolvimento da ciência. Essa exigência é inexecutável, se interpretada rigorosamente, já que os fatores que em princípio podem influir são em número indefinido. Por exemplo, para verificarmos a lei da queda dos corpos, teríamos que variar não somente a forma e a massa do corpo que cai, e o meio no qual se move, mas também a sua temperatura, a sua cor, a hora do dia na qual o

experimento é feito, a estação do ano, o sexo do experimentador, o seu cheiro, etc. Isso faz ver que há sempre pressuposições teóricas guiando a escolha das condições que devem ser controladas ou variadas; são nossos pressupostos teóricos que nos causam riso diante de algumas das condições que acabamos de enumerar. Este ponto será retomado adiante, dada a sua importância.

Finalmente, nem mesmo a condição (f) tem sido respeitada pela ciência. As teorias científicas nascem e se desenvolvem em meio a inúmeras “anomalias” ou contraexemplos empíricos. A teoria de Copérnico conviveu, até o advento do telescópio, com o contraexemplo da observação da invariância das dimensões de Vênus ao longo do ano. A mecânica newtoniana atingiu a glória mesmo tendo que aguardar décadas antes que pudesse entrar em acordo com as observações da trajetória da Lua; e nem foi abandonada no século XIX, quando não pôde dar conta da órbita de Urano. A hipótese de Prout sobre os pesos atômicos dos elementos químicos esperou quase um século antes que seu conflito com abundantes experiências fosse removido.

Passemos agora às objeções ao princípio (a) da visão comum da ciência: começo da investigação científica por observações.

O comentário que fizemos sobre a variação das condições de observação já indica uma dificuldade: se não tivermos nenhuma diretriz teórica para guiar as observações, estas nunca poderão ser concluídas, já que a rigor teríamos que considerar uma infinidade de fatores. Essa constatação de que, por uma questão de princípio, a investigação científica *não pode* principiar com observações puras é reforçada pelo testemunho histórico. Os catálogos baconianos são uma ficção, nunca tendo sido elaborados por qualquer cientista. O cientista, quando vai ao laboratório, sempre tem uma ideia, ainda que provisória e reformulável, do que deve ou não ser observado, controlado, variado.

É interessante ainda lembrar que há casos notáveis de descobertas de leis científicas estimuladas por fatores não-empíricos. Um exemplo típico é a ideia

ocorrida ao físico francês Louis de Broglie de que a matéria dita “ponderável” (elétrons, átomos, etc.) apresentaria um comportamento ondulatório. Essa ideia, que contribuiu decisivamente para os desenvolvimentos que levaram ao surgimento da mecânica quântica, não se baseava de modo direto em nenhuma evidência empírica disponível na época (1924), mas na consideração estética, de simetria, de que se a luz, tida como de natureza ondulatória, apresentava, em determinadas circunstâncias, um comportamento corpuscular (fato esse, aliás, também constatado depois de haver sido previsto teoricamente por Einstein), então os corpúsculos materiais igualmente deveriam, em certas circunstâncias, comportar-se como ondas.

As objeções que se têm levantado contra o princípio (b), da neutralidade das observações, são demasiadamente complexas para serem tratadas neste texto voltado a um público leigo. De forma simplificada, a análise filosófica e psicológica do processo de percepção fornece evidência de que o conteúdo mental (ideias, conceitos, juízos) formado quando se observa um determinado objeto ou conjunto de objetos varia significativamente de indivíduo para indivíduo, conforme sua bagagem intelectual. Em certo sentido, a apreensão da realidade se faz parcialmente mediante “recortes” próprios de cada observador, determinados por sua experiência prévia, as teorias que aceita, os objetivos que tem em vista. A tarefa de isolar elementos completamente objetivos, ou pelo menos intersubjetivos, em nossas experiências está envolta em dificuldades maiores do que se supôs nas etapas iniciais do desenvolvimento da filosofia empirista moderna, quando se propunha que o material básico de todo conhecimento era um conjunto de “ideias”, “impressões”, “conceitos” ou “dados sensoriais” comuns. Parece que em cada ocasião em que a mente interage com algo, esses dados sensoriais já vêm inextricavelmente associados a interpretações, condicionadas pelos fatores apontados.

Tais constatações, porém, não devem conduzir a um subjetivismo completo, incompatível com aquilo que de fato se faz em nosso dia-a-dia e na ciência. Aliás, parte da atividade científica consiste justamente em se buscar uma descrição tão

objetiva quanto possível do mundo, e o que está sendo aqui exposto visa apenas a indicar que esse ideal tem que ser buscado por meio de um controle crítico incessante dos fatores subjetivos inelimináveis. Ao contrário do que poderia resultar de uma abordagem estritamente kantiana dessa questão, defendemos que a “grade” intelectual segundo a qual percebemos a realidade não é fixa, determinada de forma totalmente independente de nosso arbítrio, mas pode ser adaptada por esforços deliberados, com a finalidade de se encontrar uma representação das coisas que mais se aproxime daquele ideal, maximizando-se simultaneamente a coerência e o poder explicativo de nosso conjunto de crenças e teorias.

3. POPPER E O FALSEACIONISMO

Objecções incisivas à concepção comum de ciência, então vestida nas roupagens do positivismo lógico, foram levantadas já em 1934 pelo filósofo austríaco (mais tarde naturalizado britânico) Karl Popper, exatamente quando essa doutrina vivia o seu apogeu. Tais objeções, enfeixadas no livro *Logik der Forschung*, publicado em Viena naquele ano, foram ignoradas durante quase trinta anos, só recebendo atenção no final da década de 1950, quando os próprios positivistas lógicos já haviam admitido muitas limitações no seu programa original. Em 1959, o livro de Popper foi revisto, ampliado e vertido para o inglês, sob o título *The Logic of Scientific Discovery*. A partir de então (e, é claro, não somente pela influência desta obra) instalou-se um período de significativos avanços na filosofia da ciência, com o aperfeiçoamento e crítica das teses popperianas, e com o aparecimento de outras concepções de ciência, entre as quais se destacam as de Thomas Kuhn e Imre Lakatos.

A ideia central de Popper é a de substituir o empirismo justificacionista-indutivista da concepção tradicional por um empirismo não-justificacionista e não-indutivista, que ficou conhecido por *falseacionismo*. Popper rejeita que as teorias científicas sejam construídas por um processo indutivo a partir de uma base empírica neutra, e propõe que elas têm um caráter completamente conjectural. Teorias são criações livres da mente, destinadas a ajustar-se tão bem quanto possível ao conjunto de fenômenos de que tratam. Uma vez proposta, uma teoria deve ser rigorosamente testada por observações e experimentos. Se falhar, deve ser sumariamente eliminada e substituída por outra capaz de passar nos testes em que a anterior falhou, bem como em todos aqueles nos quais tenha passado. Assim, a ciência avança por um processo de tentativa e erro, conjecturas e refutações. “Aprendemos com nossos erros”, enfatiza Popper, que traça um paralelo (com restrições importantes) entre a evolução da ciência e a evolução das espécies, segundo a teoria de Darwin-Wallace:

Nosso conhecimento consiste, em cada momento, daquelas hipóteses que mostraram sua (relativa) adaptação, por terem até então sobrevivido em sua luta

pela existência, uma luta competitiva que elimina as hipóteses não-adaptadas. (*Objective Knowledge*, p. 261.)

A cientificidade de uma teoria reside, para Popper, não em sua impossível prova a partir de uma base empírica, mas em sua *refutabilidade*. Ele argumenta que somente as teorias passíveis de serem falseadas por observações fornecem informação sobre o mundo; as que estejam fora do alcance da refutação empírica não possuem “pontos de contato” com a realidade, e sobre ela nada dizem, mesmo quando na aparência digam, caindo no âmbito da metafísica. Alguns dos exemplos preferidos de Popper de teorias irrefutáveis, e portanto não-científicas, são a astrologia, a psicanálise e o marxismo.

Vejamos agora como a concepção falseacionista posiciona-se diante das características da ciência que constituíram embaraço à concepção indutivista tradicional.

Primeiramente, notemos que a visão falseacionista escapa completamente ao problema da justificação da indução, já que nela não se pretende que as teorias sejam provadas indutivamente. O vínculo empírico das teorias se localiza em sua refutabilidade. E aqui o falseacionismo explora habilmente a assimetria lógica que existe entre os processos de inferência de proposições particulares a partir de proposições gerais e de gerais a partir de particulares: se nenhum conjunto finito de proposições particulares pode levar logicamente uma proposição geral, a falsidade de uma proposição particular acarreta logicamente a falsidade da proposição que representa a sua generalização. Ilustremos o ponto retomando o nosso exemplo da lei segundo a qual todo papel é combustível. Conforme mencionamos, essa lei não pode ser provada logicamente por observações de pedaços de papel que se queimam. Porém se encontrarmos um único pedaço de papel incombustível, concluiremos logicamente que a referida lei é falsa.

Uma segunda vantagem da concepção falseacionista está em não pretender que a investigação científica comece por observações. Discorrendo sobre as relações entre observação e teoria, Popper afirma:

Acredito que a teoria — pelo menos alguma expectativa ou teoria rudimentar — sempre vem primeiro, sempre precede a observação; e que o papel fundamental das observações e testes experimentais é mostrar que algumas de nossas teorias são falsas, estimulando-nos assim a produzir teorias melhores.

Conseqüentemente, digo que não partimos de observações, mas sempre de *problemas* — seja de problemas práticos ou de *uma teoria que tenha topado com dificuldades*. (*Objective Knowledge*, p. 258.)

Isso isenta o falseacionismo de várias das objeções filosóficas, notadamente da relativa à necessidade de diretrizes teóricas na condução das observações, e também o colocam em concordância com o processo que efetivamente ocorre ao longo da história da ciência.

Por fim, além do apelo intuitivo do falseacionismo (em nossa vida prática, pelo menos, frequentemente aprendemos com nossos erros), cabe mencionar que o compromisso com essa posição filosófica força a formulação das teorias de maneira clara e precisa. De fato, não é fácil ver como uma teoria obscura ou imprecisa possa ser submetida a testes rigorosos e, ainda que o seja, poderá ser sempre salva de um veredicto desfavorável por meio de reinterpretções, de manobras semânticas, o que trai sua irrefutabilidade, e portanto o seu caráter não-científico.

4. LIMITAÇÕES DO FALSEACIONISMO

Embora represente um avanço em relação à concepção comum de ciência, o falseacionismo, tal qual o descrevemos acima, de modo simplificado, padece de várias limitações. Não faríamos justiça plena a Popper atribuindo-lhe essa forma tosca de falseacionismo, não obstante haja alguma evidência textual para essa atribuição, como gostam de notar seus opositores.

Foge ao escopo deste trabalho efetuar uma análise dos muitos matizes do pensamento popperiano, bem como avaliar as críticas que lhe foram feitas. Diremos apenas que mesmo as versões mais sofisticadas do falseacionismo não estão isentas de dificuldades, o que deu lugar ao surgimento de diversas teorias da ciência alternativas. Essas teorias vão desde a metodologia dos programas científicos de pesquisa, de Lakatos, que representa um desdobramento das linhas popperianas, até o autodenominado “dadaísmo metodológico”, de Paul Feyerabend, que nega a existência de qualquer método na ciência. Daremos abaixo uma descrição breve das ideias centrais de Lakatos. Antes, porém, exporemos de forma sucinta algumas das objeções que se têm levantado contra o falseacionismo, e que motivaram o desenvolvimento das concepções lakatosianas.

A dificuldade mais fundamental enfrentada pelo falseacionismo é o chamado “problema de Duhem-Quine”. Vimos acima que uma proposição geral como ‘Todo papel é combustível’ pode ser falseada por uma proposição particular como ‘A folha de papel x não é combustível’, cuja verdade usualmente se admite apoiar na experiência. No entanto, as teorias reais ou de algum interesse nunca são proposições gerais isoladas, mas conjuntos de tais proposições, e não podem, além disso, ser submetidas a testes empíricos senão quando suplementadas por teorias e hipóteses auxiliares (como as referentes ao funcionamento dos aparelhos eventualmente empregados na observação), proposições acerca das condições iniciais e de contorno, etc. Se então esse complexo de proposições permite inferir uma proposição que conflita com alguma proposição empírica, o máximo que a lógica nos informa é que

o *conjunto* de proposições está refutado, caso se assuma a verdade da proposição empírica. Mas não nos habilita a singularizar como responsável por essa refutação *uma* das proposições do conjunto, nem mesmo o subconjunto delas que constitui a teoria particular que estamos procurando testar.

Ilustremos a dificuldade considerando uma situação que, segundo a concepção falseacionista, representaria a refutação de uma dada teoria mecânica por observações astronômicas. Para fixar ideias, tomemos essa teoria como sendo a mecânica newtoniana, que consiste de três leis dinâmicas, as conhecidas “leis de Newton”, que denotaremos por $L1$, $L2$ e $L3$, e da lei da gravitação universal, que denotaremos por G . Uma eventual refutação dessa teoria por uma proposição empírica, E , implica necessariamente a possibilidade de se deduzir a partir da teoria uma proposição T logicamente incompatível com E . Em outros termos, diríamos neste caso que a previsão teórica T (a respeito, por exemplo, da trajetória de um dado planeta) foi contrariada pela experiência, expressa pela proposição E , estando assim refutada a teoria mecânica em questão.

O problema está em que o conjunto de leis $L1$, $L2$, $L3$ e G não basta para a dedução de nenhuma proposição do tipo de T . Para tanto, deve ser complementado por várias outras proposições, classificadas em duas categorias principais: De um lado, estão as proposições gerais ($A1$, $A2$, $A3$, ...) de teorias auxiliares, como por exemplo as de teorias óticas envolvidas na construção e operação dos telescópios usados na observação do planeta, na correção das aberrações óticas introduzidas pela atmosfera terrestre, etc. De outro lado, há as proposições particulares ($I1$, $I2$, $I3$, ...) referentes às chamadas condições iniciais do problema, como sejam as empregadas para especificar as massas e posições iniciais do planeta, da Terra, do Sol e dos demais planetas e satélites. Temos então que é somente o amplo conjunto de proposições $L1$, $L2$, $L3$, G , $A1$, $A2$, $A3$, ... $I1$, $I2$, $I3$, ... que permite inferir uma proposição T imediatamente confrontável com a observação. Se agora encontrarmos que essa proposição T é empiricamente falsa, poderemos concluir somente que a

vasta *conjunção* de proposições que permitiu deduzi-la é falsa; mas a lógica não dá nenhuma indicação de *qual* (ou quais) proposição que a compõe é falsa; sabemos apenas que pelo menos uma deverá sê-lo, mas não qual. Assim, o conflito de *T* com a observação não pode ser interpretado como uma refutação da teoria mecânica em análise (e mesmo que pudesse, não saberíamos qual das leis que a compõem é falsa), pois a falha pode estar em qualquer uma das inúmeras proposições subsidiárias *A1*, *A2*, *A3*, ... *I1*, *I2*, *I3*, Conforme se verifica pelo exame cuidadoso das situações reais de teste das teorias científicas, esse conjunto de proposições subsidiárias é em geral bastante extenso.

Quine expressou metaforicamente o problema em foco dizendo que “nossas proposições sobre o mundo externo enfrentam o tribunal da experiência sensível não individualmente, mas corporativamente” (“Two dogmas of Empiricism”, seção 5). Recorreu ainda a duas imagens para figurar as relações entre teoria e experiência:

A totalidade de nosso assim chamado conhecimento ... é um tecido feito pelo homem, que toca a experiência somente em suas bordas. Ou, mudando a imagem, a ciência é como um campo de força cujas condições de contorno são a experiência. Um conflito com a experiência na periferia causa reajustes no interior do campo ... A reavaliação de algumas proposições acarreta a reavaliação de outras, devido às interconexões lógicas entre elas ... Mas o campo é de tal modo subdeterminado por suas condições de contorno (a experiência), que há muita liberdade de escolha sobre quais proposições devem ser reavaliadas à luz de qualquer experiência individual contrária. (*Ibid.*, seção 6.)

Conforme vemos, o problema de Duhem-Quine incide sobre os próprios fundamentos da concepção falseacionista de ciência. Sua relevância é acentuada pelo testemunho da história da ciência, que fornece muitos exemplos de conflitos entre previsões teóricas e observações que foram resolvidos não pelo abandono da teoria particular que levou à previsão, mas por ajustes nas teorias subsidiárias requeridas para a efetivação do teste. Mencionamos anteriormente alguns exemplos importantes, que agora relembremos, junto com mais alguns.

A teoria astronômica de Copérnico conflitava com a observada constância nas dimensões de Vênus e Marte ao longo do ano. O heliocentrismo não foi por isso tido como refutado por todos; muitos preferiram colocar em dúvida a assumida capacidade de nosso sistema visual perceber pequenas variações de tamanho de objetos brilhantes pequenos. O mesmo ocorreu com relação a inúmeras previsões mecânicas empiricamente falsas que os opositores do sistema copernicano deduziram da hipotética rotação da Terra: a produção de ventos fortíssimos na direção oeste; a projeção de todos os corpos soltos sobre a superfície da Terra; o desvio para oeste de corpos em queda livre; a Lua seria deixada para trás pela Terra em seu movimento de translação, etc. Bruno, Galileo, Kepler e outros não viram nessas abundantes consequências falsas da teoria heliocêntrica a sua refutação, preferindo atribuí-las às teorias mecânicas subjacentes, muito embora o desenvolvimento de uma nova mecânica, capaz de produzir previsões empíricas corretas a partir da teoria heliocêntrica, devesse ainda aguardar a contribuição de Newton, no final do século XVII.

Por sua vez, a mecânica newtoniana dava resultados incorretos para a trajetória da Lua. Isso não foi interpretado como sua refutação; o ajuste empírico da teoria foi alcançado em meados do século XVIII, por modificações nas técnicas matemáticas envolvidas nos cálculos da trajetória lunar. Caso semelhante se deu com as previsões da teoria newtoniana para a órbita de Urano, incompatível com as observações astronômicas do início do século XIX. Desta vez, a refutação da teoria foi evitada pelo questionamento das condições iniciais do problema, introduzindo-se a hipótese de um corpo celeste até então nunca observado, que modificaria as forças gravitacionais que atuam sobre aquele planeta. Esse hipotético corpo foi mais tarde detectado empiricamente, sendo o que hoje se conhece como o planeta Netuno.

Também já aludimos à hipótese que Prout propôs em 1815 acerca dos pesos atômicos dos elementos químicos, que conviveu durante quase cem anos com farta evidência empírica contrária. A discrepância foi atribuída a pressuposições referentes

aos processos de purificação química. Aqui também esse redirecionamento da refutação mostrou-se justificado pelos desenvolvimentos científicos do século XX.

Finalizando esta breve exposição das dificuldades do falseacionismo, temos ainda que mencionar que a ênfase que dá ao processo de falseamento das teorias conduz frequentemente a uma subestimação do papel das *confirmações* no desenvolvimento da ciência. (Entendemos aqui ‘confirmação’ não no sentido da concepção tradicional de ciência, que em geral se confunde com ‘prova’; por esse termo significamos apenas a evidência empírica favorável.)

Na versão tosca que lhe demos acima, o falseacionismo não reconhecia a importância das confirmações. Um tanto impiedosamente, poderíamos isolar muitas passagens dos escritos de Popper que parecem apoiar esse ponto de vista, como por exemplo esta prescrição feita à página 266 de seu *Objective Knowledge*: “Tenha por ambição refutar e substituir suas próprias teorias.”

Ou ainda estas frases de *Conjectures and Refutations*: “Observações e experimentos ... funcionam na ciência como *testes* de nossas conjeturas ou hipóteses, i.e., como tentativas de refutação” (p. 53). “Todo *teste* genuíno de uma teoria é uma tentativa de falseá-la ou refutá-la” (p. 36).

Não podemos disfarçar nossa estranheza diante de tais afirmações, dado seu contraste com a atitude usual dos cientistas, que vem norteando o desenvolvimento da ciência. Naturalmente, quando considerado em seu conjunto, o pensamento popperiano mostra-se mais refinado. Popper trata mesmo com alguma extensão o assunto da “evidência corroborativa”. Não é claro, todavia, que ele tenha feito justiça plena ao papel que a confirmação efetivamente desempenha na ciência. Vejamos, por exemplo, este seu comentário específico sobre a questão: “Evidência confirmatória não deve contar, *exceto quando é o resultado de um teste genuíno da teoria*, ou seja, quando possa ser apresentada como uma tentativa séria, não obstante mal sucedida, de falsear a teoria.” (*Conjectures and Refutations*, p. 36; o destaque é de Popper.) O desacordo com o que se observa na prática da ciência reside não no reconhecimento

de que as “confirmações devem contar somente se são o resultado de *predições arriscadas*” (ibid., p. 36), mas na insistência em interpretar observações e experimentos como tentativas *deliberadas* de refutação. Definitivamente, parece não haver exemplos de cientistas que se tenham empenhado ansiosamente na refutação de suas próprias teorias, ou daquelas com as quais simpatizem. E o que vimos acima nos autoriza a concluir que se esse fosse o objetivo precípua dos cientistas, não lhes faltariam razões para dar como refutadas todas as teorias científicas.

Além disso, há que observar a irrelevância de certas refutações para a ciência. Este ponto foi expresso com clareza por Chalmers em seu livro *What Is This Thing Called Science?* (pp. 512):

É um erro tomar a falseação de conjeturas ousadas e altamente falseáveis como ocasiões de significantes avanços na ciência ... Avanços significantes distinguem-se pela *confirmação* de conjeturas *ousadas* ou pela *falseação* de conjeturas *prudentes*. Casos do primeiro tipo são informativos, e constituem uma importante contribuição ao conhecimento científico, exatamente porque assinalam a descoberta de algo previamente não cogitado ou tido como improvável ... As falseações de conjeturas prudentes são informativas porque estabelecem que o que era considerado pacificamente verdadeiro é de fato falso ... Em contraste, pouco se aprende com a *falseação* de uma conjetura *ousada* ou da *confirmação* de uma conjetura *prudente*. Se uma conjetura ousada é falseada, então tudo o que se aprende é que mais uma ideia maluca mostrou-se errada ... Semelhantemente, a confirmação de hipóteses prudentes ... indica meramente que alguma teoria bem estabelecida e vista como não-problemática foi aplicada com sucesso mais uma vez.

5. LAKATOS: UMA VISÃO CONTEMPORÂNEA DA CIÊNCIA

Do que vimos sobre as limitações das concepções indutivista e falseacionista de ciência, transparece que elas representam as teorias científicas e suas relações com a experiência de modo demasiadamente simples e fragmentário. A inspeção da natureza, gênese e desenvolvimento das teorias científicas reais evidencia que devem ser consideradas como *estruturas* complexas e dinâmicas, que nascem e se elaboram gradativamente, em um processo de influência mútua com a experiência, bem como com outras teorias. Essa visão da ciência é ainda apoiada por argumentos de ordem filosófica e metodológica.

Se é verdade que as teorias científicas devem apoiar-se na experiência □ embora não dos modos descritos pelo indutivismo e pelo falseacionismo □, residindo mesmo nela a sua principal razão de ser, não é menos verdade que a busca, condução, classificação e análise dos dados empíricos requer diretrizes teóricas.

Além disso, a própria malha conceitual na qual formulamos nossas ideias e experiências sensoriais constitui-se ao menos parcialmente pela atuação de nosso intelecto. No caso específico dos conceitos abstratos da ciência, o exame de sua criação e evolução mostra que surgem tipicamente como ideias vagas, só adquirindo significado gradualmente mais preciso à medida que as teorias em que comparecem se estruturam, embasam e ganham coerência.

Por fim, em contraste com o que propõe a visão indutivista (e talvez também a falseacionista), as teorias científicas não consistem de meros aglomerados de leis gerais. Devem incorporar ainda regras metodológicas que disciplinem a absorção de impactos empíricos desfavoráveis, e norteiem as pesquisas futuras com vistas ao seu aperfeiçoamento.

O filósofo Imre Lakatos sistematizou de maneira interessante as características da ciência que vimos discutindo, introduzindo a noção de *programa científico de*

pesquisa. Iniciaremos nossa breve e simplificada exposição das ideias centrais de Lakatos recorrendo a este parágrafo do citado livro de Chalmers (p. 76):

Um *programa de pesquisa* lakatosiano é uma estrutura que fornece um guia para futuras pesquisas, tanto de maneira positiva, como negativa. A *heurística negativa* de um programa envolve a estipulação de que as assunções básicas subjacentes ao programa, que formam o seu *núcleo rígido*, não devem ser rejeitadas ou modificadas. Esse núcleo rígido é resguardado contra falseações por um *cinturão protetor* de hipóteses auxiliares, condições iniciais, etc. A *heurística positiva* constitui-se de prescrições não muito precisas que indicam como o programa deve ser desenvolvido... Os programas de pesquisa são considerados *progressivos* ou *degenerantes*, conforme tenham sucesso, ou persistentemente fracassem, em levar à descoberta de novos fenômenos.

O núcleo rígido (*hard core*) de um programa é aquilo que essencialmente o identifica e caracteriza, constituindo-se de uma ou mais hipóteses teóricas. Eis alguns exemplos. O núcleo rígido da cosmologia aristotélica inclui, entre outras, as hipóteses da finitude e esfericidade do Universo, a impossibilidade do vazio, os movimentos naturais, a incorruptibilidade dos céus. O núcleo da astronomia copernicana consiste das assunções de que a Terra gira sobre si mesma em um dia e em torno do Sol em um ano, e de que os demais planetas também orbitam o Sol. O da mecânica newtoniana é formado pelas três leis dinâmicas e pela lei da gravitação universal; o da teoria especial da relatividade, pelo princípio da relatividade e pela constância da velocidade da luz; o da teoria da evolução de Darwin-Wallace, pelo mecanismo da seleção natural.

Por “uma decisão metodológica de seus protagonistas” (Lakatos 1970, p. 133), o núcleo rígido de um programa de pesquisa é “decretado” não-refutável. Possíveis discrepâncias com os resultados empíricos são eliminadas pela modificação das hipóteses do cinturão protetor. Essa regra é a heurística negativa do programa, e tem a função de limitar, metodologicamente, a incerteza quanto à parte da teoria atingida pelas “falseações”. Recomendando-nos direcionar as “refutações” para as hipóteses não-essenciais da teoria, a heurística negativa representa uma regra de tolerância, que visa a dar uma chance para os princípios fundamentais do núcleo mostrarem a sua

potencialidade. O testemunho da história da ciência parece de fato corroborar essa regra, como vimos nos exemplos que demos acima. Uma certa dose de obstinação parece ter sido essencial para salvar nossas melhores teorias científicas dos problemas de ajuste empírico que apresentavam quando de sua criação.

Lakatos reconhece, porém, que essa atitude conservadora tem seus limites. Quando o programa como um todo mostra-se sistematicamente incapaz de dar conta de fatos importantes e de levar à predição de novos fenômenos (i.e., torna-se “degenerante”), deve ceder lugar a um programa mais adequado, “progressivo”. Como uma questão de fato histórico, nota-se que um programa nunca é abandonado antes que um substituto melhor esteja disponível.

A heurística positiva de um programa é mais vaga e difícil de caracterizar que a heurística negativa. Segundo Lakatos, ela consiste “de um conjunto parcialmente articulado de sugestões ou ideias de como mudar ou desenvolver as ‘variantes refutáveis’ do programa de pesquisa, de como modificar, sofisticar, o cinturão protetor ‘refutável’.” (*op. cit.* p. 135) No caso da astronomia copernicana, por exemplo, a heurística positiva indicava claramente a necessidade do desenvolvimento de uma mecânica adequada à hipótese da Terra móvel, bem como de novos instrumentos de observação astronômica, capazes de detectar as previstas variações no tamanho aparente dos planetas e as fases de Vênus, por exemplo. Assim, o telescópio foi construído algumas décadas após a morte de Copérnico pelo seu ardente defensor, Galileo, que contribuiu poderosamente para a criação da nova teoria mecânica. Esta, a seu turno, uma vez formulada por Newton, apontou para um imenso campo aberto, no qual se deveriam buscar uma nova matemática, medidas das dimensões da Terra, aparelhos para a detecção da força gravitacional entre pequenos objetos, etc.

Tentando uma representação gráfica de um programa de pesquisas lakatosiano teríamos mais ou menos o seguinte.

A concepção lakatosiana de ciência envolve um novo critério de demarcação entre ciência e não-ciência. Lembremos que o critério indutivista considerava científicas somente as teorias provadas empiricamente. Tal critério é, como vimos, forte demais: não haveria, segundo ele, nenhuma teoria genuinamente científica, pois todo conhecimento do mundo exterior é falível. Também o critério falseacionista, segundo o qual só são científicas as teorias refutáveis, elimina demais: como nenhuma teoria pode ser rigorosamente falseada, nenhuma poderia classificar-se como científica.

O critério de demarcação proposto por Lakatos, por outro lado, adequadamente situa no campo científico algumas das teorias unanimemente tidas como científicas, como as grandes teorias da física. Esse critério funda-se em duas exigências principais: uma teoria deve, para ser científica, estar imersa em um programa de pesquisa, e este programa deve ser *progressivo*. Deixemos a Lakatos a palavra (1970, pp. 175-6):

Pode-se compreender muito pouco do desenvolvimento da ciência quando nosso paradigma de uma porção de conhecimento científico é uma teoria isolada, como ‘Todo cisne é branco’, solta no ar, sem estar imersa em um grande programa de pesquisa. *Minha abordagem implica um novo critério de demarcação entre ‘ciência madura’, que consiste de programas de pesquisa, e ‘ciência imatura’, que consiste de uma colcha de retalhos de tentativas e erros* ...

A ciência madura consiste de programas de pesquisa nos quais são antecipados não apenas fatos novos, mas também novas teorias auxiliares; a ciência madura possui ‘poder heurístico’, em contraste com os processos banais de tentativa e erro. Lembremos que na heurística positiva de um programa vigoroso há, desde o início, um esboço geral de como construir os cinturões protetores: esse poder heurístico gera a autonomia da ciência teórica.

Essa *exigência de crescimento contínuo* [progressividade do programa] é minha reconstrução racional da exigência amplamente reconhecida de ‘unidade’ ou ‘beleza’ da ciência. Ela põe a descoberto a fraqueza de *dois* tipos de teorização aparentemente muito diferentes entre si. Primeiro, evidencia a fraqueza de programas que, como o marxismo ou o freudismo, são indubitavelmente ‘unificados’, e fornecem um plano geral do tipo de teorias

auxiliares que irão utilizar para a absorção de anomalias, mas que invariavelmente criam suas teorias na esteira dos fatos, sem ao mesmo tempo anteciparem fatos novos. (Que fatos *novos* o marxismo *previu* desde, digamos, 1917?) Em segundo lugar, ela golpeia seqüências remendadas de ajustes ‘empíricos’ rasteiros e sem imaginação, tão frequentes, por exemplo, na psicologia social moderna. Tais ajustes podem, com o auxílio das chamadas ‘técnicas estatísticas’, produzir algumas predições ‘novas’, podendo mesmo evocar alguns fragmentos irrelevantes de verdade que encerrem. Semelhantes teorizações, todavia, não possuem nenhuma ideia unificadora, nenhum poder heurístico, nenhuma continuidade. Não indicam nenhum programa de pesquisa, e são, no seu todo, inúteis.

REFERÊNCIAS E SUGESTÕES DE LEITURA

- AYER, A. J. *Language, Truth and Logic*. Victoria, Penguin Books, 1972. [1936] ————. (ed.) *Logical Positivism*. New York, The Free Press, 1959.
- BACON, F. *Novum Organum*. Trad. e ed. P. Urbach e J. Gibson. Chicago, Open Court, 1994.
- CHALMERS, A.F. *What is this Thing called Science?* St. Lucia, University of Queensland Press, 1976.
- FEYERABEND, P. K. *Against Method*. London: Verso 1978.
- HEMPEL, C. G. *The Philosophy of Natural Science*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1966. (*Filosofia das Ciências Naturais*. Trad. P. S. Rocha. Rio, Zahar, 1974.)
- HUME, D. *An Enquiry concerning Human Understanding*. T. L. Beauchamp (ed.), Oxford: Oxford University Press, 1999.
- KUHN, T. S. *The Structure of Scientific Revolutions*. 2 ed., enlarged. Chicago and London: University of Chicago Press 1970.
- LAKATOS, I. Falsification and the methodology of scientific research programmes. In: Lakatos & Musgrave 1970, pp. 91-195.
- LAKATOS, I. & MUSGRAVE, A. *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge, Cambridge University Press, 1970.
- LOCKE, J. *An Essay Concerning Human Understanding*. London, Oxford University Press, 1975.

LOSEE, J. *A Historical Introduction to the Philosophy of Science.*

2 ed. Oxford, Oxford University Press, 1980. (*Introdução Histórica à Filosofia da Ciência.* Trad. B. Climeris. Belo Horizonte, Itatiaia e São Paulo, Edusp, 1979.)

NAGEL, E. *The Structure of Science.* Indianapolis and Cambridge: Hackett Publishing Company, 1979.

POPPER, K.R. *The Logic of Scientific Discovery.* 5.ed., revista. London, Hitchison, 1968.

□□□. *Conjectures and Refutations.* 4.ed., revista. London, Routledge and Kegan Paul, 1972.

□□□. *Objective Knowledge.* Oxford, Clarendon Press, 1972.

QUINE, W.V.O. Two dogmas of empiricism. In: Quine 1953, pp. 20-46.

□□□. *From a Logical Point of View.* Cambridge, Mass., 1953.