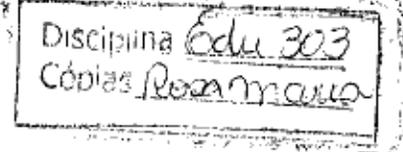


Os textos dos exercícios 3 a 6 foram extraídos da peça de Brecht *A vida de Galileu*. Leia-os e responda às perguntas:

3. "(...) o tempo antigo passou, e agora é um tempo novo. Logo a humanidade terá uma idéia clara de sua casa, do corpo celeste que ela habita. O que está nos livros antigos não lhe basta mais. Pois onde a fé teve mil anos de assento, sentou-se agora a dúvida. Todo mundo diz: é, está nos livros —, mas agora nós queremos ver com nossos olhos." (fala de Galileu)
- a) Quais são os "livros antigos" referidos no texto?
- b) Qual é a relação entre fé e dúvida na nova mentalidade?
- c) Explique o sentido de "nós queremos ver com nossos olhos".
4. Galileu tenta convencer um filósofo a ver pelo telescópio os satélites de Júpiter, cuja constatação contraria o sistema ptolomaico. O filósofo responde: "Senhor Galileu, antes de aplicarmos o seu famoso telescópio, gostaríamos de ter o prazer de uma disputa. Assunto: É possível que tais planetas existam?"
- a) A que escola deveria pertencer esse filósofo, considerando o teor da questão por ele formulada?
- b) Em que medida a proposta do filósofo se contrapõe à de Galileu?
- c) Qual é o significado amplo do telescópio no contexto da ciência nascente?
5. "Terra e Céu, para eles, não existem mais. A Terra, porque é uma estrela no Céu, e o Céu, porque é composto de terras. Não há mais diferença entre o alto e o baixo, entre o eterno e o perecível. Que nós perecemos, sabemos bem. Mas o que eles dizem é que também o Céu perece." (fala do Monge)
- a) Qual é o significado de "alto e baixo, eterno e perecível"?
- b) Em que medida a nova astronomia "democratiza" o espaço?
6. "Eu sustento que a única finalidade da ciência está em aliviar a canseira da existência humana. E se os cientistas, intimidados pela prepotência dos poderosos, acham que basta amontoar saber, por amor do saber, a ciência pode ser transformada em aleijão, e as suas novas máquinas serão novas aflições, nada mais." (fala de Galileu)

Analise a dimensão política da ciência a partir da fala de Galileu.

Im: ARANHA, M. L. A.; MARTINS, M. H. P.
Filosofando: Introdução à filosofia.
São Paulo: Moderna, 1986.



O método científico

"A natureza não se vence, senão quando se lhe obedece."

"Os descobrimentos até agora feitos de tal modo são que, quase só se apóiam nas noções vulgares. Para que se penetre nos estratos mais profundos e distantes da natureza, é necessário que tanto as noções quanto os axiomas sejam abstraídos das coisas por um método mais adequado e seguro, e que o trabalho do intelecto se torne melhor e mais correto."

(Francis Bacon)

Etimologicamente, *método* vem de *meta*, "ao longo de", e *hodós*, "via, caminho". É a ordem que se segue na investigação da verdade, no estudo feito por uma ciência, ou para alcançar um fim determinado.

Sempre que nos propomos a fazer alguma coisa, como, por exemplo, uma viagem, o ato mesmo de viajar é precedido de inúmeras antecipações mentais pelas quais nos organizamos, a fim de que o acontecimento tenha o sucesso esperado. Quando fazemos com frequência a mesma coisa, desenvolvemos artifícios novos e formas que facilitam nosso trabalho.

Assim, essas antecipações mentais são formas de racionalização do agir, de modo a melhor adequar os meios e os fins, impedindo que sejamos guiados apenas pelo acaso.

Notamos, também, que nem sempre esses processos nos são muito claros, no sentido de que na vida cotidiana não paramos para pensar a respeito deles. Vamos "pegando o jeito" e melhorando nossa habilidade, e só nos preocupamos quando os processos usados até então começam a se mostrar inadequados.

1. O método na Idade Moderna

Embora o método tenha sido sempre objeto de discussão dos filósofos, nunca o foi com a intensidade e prioridade concedidas pelos filósofos modernos. Até então a filosofia se preocupava com o problema do *ser*, mas na Idade Moderna vai se voltar para as questões do *conhecer*. Daí surgem os temas privilegiados de epistemologia, ou seja, a discussão a respeito da crítica

da ciência e do conhecimento. Nessa "virada" temática, dá-se também outra inversão: o filósofo antigo não questiona a realidade do mundo, o que passa a ser feito por Descartes, que, seguindo rigorosamente o caminho, o método estabelecido, reconhece como indubitável o ser do pensamento. É nesse encontro da *subjetividade* que residem as variações do novo tema. O filósofo vai se preocupar com o *sujeito cognoscente* (o sujeito que conhece), mais do que com o objeto conhecido (ver Cap. 15, item 1).

É tão importante a questão do método no século XVII, que Descartes a coloca como ponto de partida do seu filosofar. A "dúvida metódica" é um artifício com que demole todo o edifício construído e pretende recomeçar tudo de novo. O método adquire um sentido de invenção e descoberta, e não mais uma possibilidade de demonstração organizada do que já é sabido.

Outros filósofos se dedicam ao assunto, dando diferentes encaminhamentos, como Bacon, Locke, Hume, Spinoza etc. O próprio Galileu não deixa de teorizar sobre aquilo que, na sua ciência, significou uma verdadeira revolução.

Não só o *método filosófico* passa por uma transformação no século XVII e não cessa, até hoje, de desencadear as mais diversas polêmicas, como também a *ciência*, que nesse momento rompe com a filosofia, sai em busca do seu próprio caminho, ou seja, do seu método.

Vimos que a experimentação e a matematização da física serviram de modelo às ciências, que foram se tornando autônomas, o que fez surgir a necessidade da *classificação das ciências*.

Vários filósofos se propuseram à tarefa, mas o resultado foi uma enorme variação, o que se compreende pelo fato de as ciências estarem em contínua transformação e se situarem às vezes em limites não muito bem definidos. Embora ajudem a sistematizar e organizar, as classificações são sempre provisórias e insuficientes.

Francis Bacon, no século XVII, classificou as ciências com base em três faculdades mentais: memória (história), razão (filosofia e ciência) e imaginação (poesia).

No século XIX, tornou-se famosa a classificação de Comte, que adotou o critério da crescente complexidade das ciências, partindo das mais abstratas para as mais concretas: matemática, mecânica, física, química, biologia e sociologia.

Wundt (final do séc. XIX, começo do XX) dividiu as ciências em formais (matemática) e reais (ciências da natureza e ciências do espírito).

De maneira geral, sem preocupações com as divisões clássicas, costumamos considerar: as *ciências formais* (matemática e lógica), as *ciências da natureza* (física, química, biologia, geologia, geografia física etc.) e as *ciências humanas* (psicologia, sociologia, economia, história, geografia humana, lingüística etc.).

2. O método experimental

Há uma dificuldade na abordagem deste tema, pois precisaremos o tempo todo dizer o que é o método experimental e, ao mesmo tempo, mostrar que "não é bem assim" . . . Ou seja, por uma questão de generalização ou didática, explicamos as etapas do método científico, mas no processo mesmo de execução nunca ocorre tal como é descrito. Além disso, como veremos, várias afirmações são discutíveis.

Começemos pelo exemplo do procedimento levado a efeito por Claude Bernard, médico e fisiólogo francês conhecido não só por suas experiências em biologia, mas também por suas reflexões sobre o método experimental.

Claude Bernard percebeu que coelhos trazidos do mercado têm a urina clara e ácida, característica dos animais carnívoros (*observação*). Como ele sabia que os coelhos têm a urina turva e alcalina, por serem herbívoros, supôs que aqueles coelhos não se alimentavam há muito tempo e se transformaram pela abstinência em verdadeiros carnívoros, vivendo do seu próprio sangue (*hipótese*). Fez variar o regime alimentar dos coelhos, dando a alguns alimentação herbívora e a outros, carnívora; repetiu a experiência com um cavalo (*controle experimental*). No final, enunciou que "em jejum todos os animais se alimentam de carne" (*generalização*).

Vamos explicar, agora, cada uma dessas etapas.

Observação

A todo momento estamos observando; mas essa observação é com frequência fortuita, feita ao acaso, dirigida por propósitos aleatórios. Ao contrário, a observação científica é rigorosa, precisa, metódica e, portanto, orientada para a explicação dos fatos.

Há situações em que apenas nossos sentidos são suficientes, mas às vezes há necessidade do uso de *instrumentos* (microscópio, telescópio, sísmógrafo, balança, termômetro) que emprestam maior rigor à observação, como também a tornam mais objetiva, porque quantificam o que está sendo observado. É mais rigorosa a indicação da temperatura no termômetro do que a percebida pela nossa pele.

Aqui já temos de considerar uma primeira dificuldade. A observação científica não é uma simples observação de fatos. Que fatos? Quando observamos, já organizamos as inúmeras informações caoticamente recebidas e privilegiamos alguns aspectos. Por exemplo, duas pessoas diferentes observando a mesma paisagem selecionam aspectos diferentes, pois o olhar não é uma câmara fotográfica que tudo registra, mas há uma *intenção* que dirige nosso olhar.

Quando se trata do olhar de um cientista, este se acha muito mais "contaminado" por pressupostos que lhe permitem ver o que o leigo não percebe.

Se olhamos uma lâmina ao microscópio, quando muito percebemos cores e formas. Precisamos estar de posse de uma teoria para "aprender a ver".

Ao fazer uma coleta de dados, o cientista precisa selecionar os mais relevantes para a solução de seu problema. O critério para essa seleção obviamente já orienta a observação.

Há um vício decorrente da posição empirista, pelo qual a ciência parte do sensível, da observação dos fatos. Ora, pelo que consideramos anteriormente, os fatos não são o dado primeiro. Como dizem os franceses: "Les faits sont fait" (Os fatos são feitos), são o resultado da nossa observação interpretativa.

Além disso, não é sempre que os dados aí estão, bastando que os indiquemos. Por exemplo, em 1643, ao limpar os poços de água de Florença, verificou-se que a água não subia a mais de 18 braças, ou seja, 10,33 m. Torricelli, chamado para elucidar o problema, explicou-o pela existência da pressão atmosférica. Esse fato, isto é, a pressão, não "saltava à vista" das pessoas que observavam perplexas o fenômeno. Ele quase teve que "ser inventado" pelo gênio de Torricelli...

Hipótese

Hipótese vem de *hypó*, "debaixo de, sob", e *thésis*, "proposição". Hipótese é o que está sob a tese, o que está posto por baixo, o que está suposto. A hipótese é a explicação provisória dos fenômenos observados. É a interpretação antecipada que deverá ser ou não confirmada. Diante da interrogação sugerida pelos fatos, a hipótese propõe uma solução. Portanto, o papel da hipótese é reorganizar os fatos de acordo com uma ordem e tentar explicá-los provisoriamente.

E qual é a fonte da hipótese? A formulação da hipótese não é o resultado de um procedimento mecânico, mas é a expressão de uma lógica da invenção. Nesta etapa do método científico, o cientista pode ser comparado a um artista inspirado que descobre uma nova forma de expressão. Muitas vezes a descoberta se faz por *insight* ("iluminação súbita"); e o exemplo clássico é o de Arquimedes, que, ao descobrir a lei do empuxo, teria gritado "Eureka", que em grego significa "descobri". Ora, a hipótese é um processo heurístico (de descoberta).

Mas com isso não se deve mistificar a formulação da hipótese, apresentando-a como algo misterioso, pois, mesmo em casos em que houve nitidamente essa intuição, ela foi precedida e preparada por uma longa elaboração racional da qual foi apenas o momento culminante. É o próprio Newton quem diz: "Se minhas pesquisas produziram alguns resultados úteis, eles não são devidos senão ao trabalho, a um pensamento paciente... Eu tinha o objeto de minha pesquisa constantemente diante de mim e esperava que os primeiros clarões comessem a aparecer, lentamente, pouco a pouco, até que eles se transformavam em uma claridade plena e total".

Há várias formas de raciocínio usadas pelo cientista ao formular a hipótese:

- a *indução* — na experiência da queda dos corpos, Galileu supõe que todos os corpos caem ao mesmo tempo, independentemente do peso; trata-se da generalização de casos diferentes e particulares.
- o *raciocínio hipotético-dedutivo* — quando formula uma hipótese e verifica as conseqüências que são tiradas dela; por exemplo, uma das conseqüências da hipótese da teoria da relatividade de Einstein era o desvio da luz por um campo gravitacional; isso pôde ser verificado em 1905, por ocasião de um eclipse.
- a *analogia* — quando estabelece relações de semelhança entre fenômenos; por exemplo, o modelo atômico de Bohr é feito em analogia ao modelo do sistema solar.

A hipótese, para ser científica, deve ser passível de verificação.

O astrônomo Le Verrier, observando o percurso de Urano, percebeu uma anomalia que só poderia ser explicada se houvesse a hipótese da existência de um outro planeta ainda desconhecido. Com base nas leis de Newton, Le Verrier calculou não só a massa como a distância do suposto planeta, o que permitiu a outro astrônomo, chamado Gall, descobrir a existência de Netuno.

No caso da astronomia, bastou uma nova observação orientada pela hipótese. Às vezes, a verificação é um pouco mais complexa e deverá ser feita pela experimentação.

Experimentação

Enquanto a observação é o estudo dos fenômenos tais como se apresentam naturalmente, a experimentação é o estudo dos fenômenos em condições que foram determinadas pelo experimentador. Trata-se de uma observação provocada para fim de controle da hipótese. Segundo Cuvier, zoólogo do século passado, enquanto "o observador escuta a natureza, o experimentador a interroga e a força a se desvendar".

Um exemplo clássico de controle experimental foi o desenvolvido por Pasteur ao testar a hipótese da imunização de um animal vacinado com bactérias enfraquecidas de carbúnculo. Separou 60 ovelhas da seguinte maneira: em 10 não aplicou nenhum tratamento; vacinou 25 inoculando após alguns dias uma cultura contaminada pelo bacilo do carbúnculo; não vacinou as 25 restantes, mas inoculou a cultura contaminada. Depois de algum tempo, verificou que as 25 ovelhas não vacinadas morreram, as 25 vacinadas sobreviveram e, comparadas com as 10 que não tinham sido submetidas a nenhum tratamento, verificou que não sofreram nenhuma alteração de saúde.

A importância da experimentação é que ela se faz em condições privilegiadas: podem-se repetir os fenômenos; variar as condições de experiência; tornar mais lentos os fenômenos muito rápidos (por exemplo, o plano inclinado de Galileu para estudar a queda dos corpos); simplificar os fenômenos (por exemplo, manter constante a pressão dos gases para estudar a variação de volume).

Nem sempre a experimentação é simples ou viável. Por exemplo, é impossível observar a evolução darwiniana, que se processa através de muitas gerações; mas, na medida em que unifica e torna inteligível um grande número de dados, é considerada valiosa.

No caso de a experimentação não confirmar a hipótese, recomeça o trabalho do cientista.

Generalização

Aristóteles já dizia que não existe ciência senão do geral. As análises dos fenômenos nos levam à formulação de leis, que são enunciados que descrevem regularidades ou normas.

Se na fase da experimentação analisamos as variações dos fenômenos, na generalização estabelecemos relações *constantes*, o que nos permite enunciar: sempre que a temperatura de um gás aumentar, mantida a mesma pressão, o seu volume aumentará.

Podemos dizer que se estabeleceu uma relação constante e necessária entre dois fenômenos; necessária porque, se aumentarmos a temperatura de um gás, o seu volume aumentará, e não poderá deixar de aumentar. Não se trata de uma contingência (algo que pode ou não ocorrer), mas de um determinismo. Segundo o Vocabulário de Cuvillier, "o determinismo é um princípio da ciência experimental segundo o qual existem relações necessárias (leis) entre os fenômenos, de tal sorte que todo fenômeno é rigorosamente condicionado pelos que o precedem ou acompanham".

As leis podem ser de dois tipos: as generalizações empíricas e as leis teóricas.

Generalizações empíricas

As generalizações empíricas (ou leis particulares) são inferidas da observação de alguns casos particulares. Por exemplo, "o calor dilata os corpos", "os mamíferos produzem a sua própria vitamina C", "o fígado tem função glicogênica" ou, ainda, a lei da queda dos corpos, a lei dos gases.

Nem sempre é possível atingir uma regularidade rigorosa. Daí existirem leis estatísticas baseadas em probabilidades.

Leis teóricas

As leis teóricas ou teorias propriamente ditas são leis mais gerais e abrangentes que reúnem as diversas leis particulares sob uma perspectiva mais ampla. A primeira grande teoria de que se tem notícia na moderna

ciência é a da gravitação universal de Galileu. A importância da teoria já se nota nesse exemplo, pois Newton reúne leis referentes a domínios tão distintos numa só explicação. Daí o caráter *coordenador* da teoria. Ex

Além disso, a teoria da gravitação universal permite calcular a massa do Sol e dos planetas, explicar as marés etc., o que mostra o seu poder *heurístico* (de descoberta). A teoria não só coordena o saber adquirido, articulando leis isoladas, mas é fecunda, possibilitando novas investigações.

Outro exemplo é o da *teoria cinética dos gases*.

"A finalidade dessa teoria é explicar o comportamento dos gases sob várias condições. Antes de a teoria ser formulada, várias generalizações sobre o comportamento dos gases já tinham sido propostas e confirmadas. Viu-se então que essas generalizações poderiam ser logicamente relacionadas e que as regularidades nelas expressas eram passíveis de explicação, caso se admitisse que um gás é realmente um aglomerado de partículas minúsculas e colidentes, deslocando-se a altas velocidades em linhas retas. Com base nestes pressupostos, somados às leis do movimento de Newton, foram deduzidas certas generalizações conhecidas acerca do comportamento dos gases, incluindo as leis de Boyle e de Charles, que descrevem como os gases reagem a várias temperaturas e pressões. Mas os cientistas fizeram também diversas deduções sobre algumas propriedades até então insuspeitadas dos gases, como viscosidade, difusão e condução de calor. Portanto, como todas as boas teorias, a teoria cinética não só organizou e explicou um certo número de leis conhecidas mas também produziu novas generalizações testáveis." Ex

Consideremos ainda um outro exemplo: o da *teoria da luz*. Newton admite a emissão corpuscular da luz, enquanto Fresnel no século XIX desenvolve a teoria ondulatória. Qual teoria é a verdadeira? Com esta pergunta, colocamos mal o problema. A teoria corpuscular explica fenômenos como a refração e a reflexão da luz, enquanto a teoria ondulatória explica fenômenos de interferência de ondas.

A *teoria da relatividade* de Einstein não só parte de pressupostos diferentes dos de Newton ao elaborar a teoria da gravitação universal, como também chega a conclusões diferentes. Isso não significa o abandono da teoria newtoniana, mas o reconhecimento de seus limites, de que sua aplicação se restringe a um determinado setor da realidade. Quando se trata do micro ou do macrocosmo, ela se mostra insuficiente e ultrapassada.

3. O conceito de modelo

O que podemos observar nesse sucessivo alternar de teorias que se completam ou se desmentem, ou que são ultrapassadas, é que a ciência não é um conhecimento "certo", "infalível", e que nem as teorias são o "reflexo"

1. Kneller, *A ciência como atividade humana*, p. 136.

do real. Na controvérsia entre os filósofos da ciência, a teoria científica aparece como simples convenção arbitrária, como construção da razão, como hipótese de trabalho, como função pragmática que torna possível a previsão e a ação, como descrição de relações entre elementos sem referência ao conteúdo dos fenômenos.

Interessá-nos aqui mostrar que a discussão dos fundamentos da ciência é atual e que esta se faz através de um longo processo que não é linear, mas cheio de contradições.

O conceito de modelo também não é um conceito claramente estabelecido. Modelo pode ser uma maquete, um esboço, ou até uma teoria. Às vezes faz-se distinção entre modelo e teoria, mostrando como uma teoria pode ter diversos modelos ou pode "modelar-se" de várias maneiras.

Assim, tanto podemos considerar o modelo mecânico de Newton, como o modelo de Ptolomeu, o modelo da seleção natural de Darwin ou o modelo atômico.

Um modelo apresentado inicialmente como algo hipotético — o coração é uma bomba, diz o anatomista Harvey — pode ajudar a compreender o funcionamento do coração. Mas, afinal, o que é modelo?

Segundo o professor americano Kneller, o conceito de modelo é um dos mais sobrecarregados de toda a ciência. E apresenta uma classificação:

"Um modelo representacional é uma representação física tridimensional de algo, como um modelo de museu do sistema solar, um modelo de engenharia de uma represa ou de um avião, ou um modelo de bolas coloridas da estrutura de uma molécula. Uma variante é o modelo análogo, o qual representa um objeto sem produzir as suas propriedades, como no caso de um circuito elétrico usado como modelo de um sistema acústico.

"Um modelo teórico é um conjunto de pressupostos sobre um objeto ou um sistema. (Um sistema, ao contrário de uma partícula, é um objeto com partes componentes.) São exemplos o modelo de bola de bilhar (partícula esférica) de um gás (proposto originalmente pelo físico escocês John James Waterston, um exímio jogador de bilhar!), o modelo corpuscular da luz (segundo o qual a luz consiste em partículas em movimento) e o modelo helicoidal da molécula de DNA de Watson-Crick. Um modelo teórico pode expressar-se na forma de equações matemáticas, mas deve ser distinguido de quaisquer diagramas, desenhos ou construções físicas usadas para ilustrá-lo. Assim, o modelo teórico de Watson-Crick é distinto dos modelos representacionais que os dois cientistas construíram no decurso da realização do primeiro. Um modelo teórico atribui ao objeto ou sistema que descreve uma estrutura ou mecanismo interno que é responsável por certas propriedades desse objeto ou sistema. Por exemplo, o modelo corpuscular da luz atribui uma estrutura particulada à luz a fim de explicar propriedades tais como a reflexão e a refração da luz."²

4. AS CIÊNCIAS APÓS O SÉCULO XVII

A descoberta do método científico no século XVII aumentou no homem a confiança na possibilidade de a ciência conhecer os segredos da natureza. Essa confiança baseia-se na profunda crença na ordem e racionalidade do mundo.

O método se aperfeiçoa, se universaliza e serve de modelo e inspiração a todas as outras ciências particulares que vão se destacando do corpo da "filosofia natural". É interessante notar que a ligação inicial entre filosofia e ciência por muito tempo persistiu na nomenclatura dos cientistas. Não raro se encontravam livros com o título de "Filosofia natural" para se referir à física. Até hoje temos reminiscências na classificação das "Faculdades de Filosofia", onde podemos estudar não só a própria filosofia, mas também encontramos cursos de matemática, física, química etc. Além disso, a graduação do aluno que faz tese de doutoramento em qualquer área é conhecida como PhD, ou seja, *Philosophiae Doctor*.

Vejamos o desenrolar de algumas das ciências particulares.

A síntese newtoniana

Os resultados obtidos por Galileu na física e na astronomia, bem como as leis das órbitas celestes de Kepler e os dados acumulados por Tycho Brahe, possibilitaram a Newton (1642-1727) a elaboração do primeiro exemplo de teoria científica encontrado na ciência moderna: a teoria da gravitação universal. As leis formuladas anteriormente referiam-se apenas a aspectos particulares dos fenômenos considerados. O sistema newtoniano cobre a totalidade de um certo setor da realidade e, portanto, realiza a maior síntese científica sobre a natureza do mundo físico.

Segundo o professor Maurício Rocha e Silva, "em determinado momento de suas elucubrações juvenis, Newton teve subitamente a idéia de uma força de atração de todos os corpos no universo, e o seu gênio foi capaz de deduzir dessa simples possibilidade as leis da gravitação universal, segundo as quais a força de atração é proporcional às massas e inversamente proporcional ao quadrado das distâncias. Com essa formulação básica e os postulados da inércia, pôde derivar um novo sistema do universo que encerrou, para o mundo científico, a antiga controvérsia de saber se o sistema de Copérnico era melhor ou mais verdadeiro do que o de Ptolomeu, se Aristóteles tinha mais razão do que Galileu ou se a condenação deste último foi justa ou injusta. As leis do universo podiam ser deduzidas de um punhado de axiomas ou postulados de maneira análoga à geometria de Euclides ou à estática de Arquimedes"³.

3. Rocha e Silva, *A evolução do pensamento científico*, p. 98.

2. Kneller, *A ciência como atividade humana*, p. 139.

A química

Vimos no Capítulo 12 que os alquimistas reuniram uma quantidade muito grande de observações sobre a natureza química dos corpos. Mas a alquimia não se transformou propriamente em ciência. Usava-se uma linguagem obscura, cheia de metáforas e alegorias, compreensível apenas para os "iniciados" e adeptos.

No século XVII, Boyle deu o primeiro exemplo de um ideal moderno de química, baseado em uma nova concepção da natureza e das leis naturais. Mas foi apenas no século XVIII que a química se tornou uma ciência, no sentido moderno da palavra.



O recurso ao método experimental e às medidas rigorosas transforma a química numa ciência. Lavoisier, em seu laboratório, realiza uma experiência sobre respiração.

Lavoisier, experimentador rigoroso, "emprestou" a metodologia da física, tornando a química uma ciência de *medidas* precisas. Serviu-se do termômetro e do barômetro. Aperfeiçoou vários tipos de balança de precisão, e foi a constância dos pesos que lhe possibilitou a intuição genial: "Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma" (princípio da conservação da massa). Pela análise das substâncias, descobriu também que era falsa a teoria clássica dos quatro elementos. Com Laplace estudou o calor e inventou o calorímetro. Deu o golpe de morte na teoria do flogístico, fluido imaginado pelos químicos para explicar o fenômeno da combustão, revelando de maneira científica e racional as propriedades do oxigênio nesse processo.

Outros como Dalton, Gay-Lussac e Berzelius completaram o trabalho iniciado por Lavoisier.

A biologia

O século XIX foi o do desenvolvimento das ciências biológicas e da medicina. O feito mais notável da biologia foi o estabelecimento e a comprovação da *teoria da evolução orgânica*. O primeiro a desenvolver uma hipótese sistemática foi Lamarck, cuja teoria foi superada por Darwin com uma hipótese mais científica, publicada em 1859 na famosa obra *A origem das espécies*, onde considera a variação e a seleção natural os fatores principais na origem de novas espécies. A teoria de Darwin refere-se não só aos animais, mas também ao homem. Na obra seguinte, tenta mostrar que a raça humana descende originalmente de algum ancestral simiesco há muito extinto, provavelmente antepassado também dos antropóides existentes. A hipótese darwiniana foi elaborada e melhorada por diversos biólogos que o sucederam, como De Vries, que concebe a evolução como sendo processada por saltos repentinos (mutações). Essas descobertas de De Vries basearam-se nas leis da hereditariedade descobertas anteriormente por Mendel (genética).

Em 1865, num memorável ataque à teoria da geração espontânea, Pasteur lançou as bases da ciência da bacteriologia, cujas conseqüências serão fecundas para o progresso da medicina, devido à descoberta de que as moléstias são produzidas por germes.

Foi Claude Bernard que, na metade do século XIX, fez da fisiologia uma ciência positiva, tendo por modelo o método experimental da física e da química.

Portanto, a moderna biologia quis calcar seus princípios e métodos naqueles que deram resultado nas ciências da matéria inerte: assim é que a linguagem matemática e sobretudo o determinismo físico-químico foram introduzidos nessa ciência.

As ciências humanas

No século XIX o desenvolvimento das ciências da natureza atinge a discussão dos fatos humanos, discussão essa que passa a exigir que as ciências humanas se desliguem do pensamento filosófico. Veremos no Capítulo 16 como a procura do estatuto epistemológico das ciências humanas não se faz sem dificuldade. Ora porque lhes é negado o caráter de cientificidade, isto é, não são consideradas ciências (veto positivista), ora porque só são considerados científicos os métodos calcados nas ciências da natureza (tendência naturalista), ora porque procuram o próprio método, distinto de tudo o que já se viu até agora.

A primeira ciência humana a se desenvolver foi a *economia*, que até o século XVII tinha sido, com a teoria mercantilista, uma simples constatação da existência de certas relações de troca entre indivíduos e países.

No século XVIII, Adam Smith foi o primeiro a explicar o funcionamento de um sistema econômico em termos matemáticos, embora com muitos conceitos ainda obscuros. Malthus introduziu a dinâmica do crescimento da população na análise econômica. Defendendo a lei de que "a população cresce em progressão geométrica, enquanto a produção de alimentos cresce em progressão aritmética", mostrou que o equilíbrio econômico não é atingido facilmente como queria o otimismo do sistema de mercados, mas exigia restrições violentas da população, das quais se encarregava a própria natureza humana, através de guerras, pestes etc. Outro teórico da economia foi David Ricardo. Mas será com Karl Marx, no século XIX, que a economia se tornará rigorosa pela precisão que ele introduz em seus conceitos, considerando a explicação científica de todo o conjunto dos fatos humanos, e não apenas dos fenômenos econômicos. Hoje, a economia torna-se cada vez mais uma disciplina matemática, uma econometria, esquecendo-se muitas vezes do caráter humano dos fatos econômicos.

Outra ciência humana que surgiu no século XIX foi a *sociologia*, iniciada por Augusto Comte. Designa, por essa palavra, uma ciência positiva: a ciência dos fatos sociais, isto é, das instituições, dos costumes, das crenças coletivas. Durkheim (1858-1917) quis fazer da sociologia uma disciplina objetiva, colocando como regra fundamental do método sociológico a consideração dos fatos sociais como "coisas". Devido às dificuldades da experimentação, utiliza-se amplamente do *método estatístico*. Max Weber (1864-1920), mesmo sem eliminar o estudo das causas e o rigor na coleta dos dados e no tratamento dos fatos, enfatiza a necessidade de usar o método da "compreensão", em oposição ao critério da "explicação", típico das ciências da natureza. Também na sociologia foi importante a contribuição de Marx, com a análise do modo de produção.

Outras ciências humanas que colocaram em questão o seu método foram a etnologia, a geografia, a história. Quanto à psicologia, faremos uma abordagem mais ampla no Capítulo 16.

5. A crise da ciência no final do século XIX

As concepções clássicas da ciência foram rudemente alteradas no final do século XIX e início do século XX, de tal forma o novo pensamento se coloca antiteticamente às posições tradicionais: geometria não-euclidiana, física não-newtoniana (princípio da incerteza). Vejamos de que se trata.

As geometrias não-euclidianas

Os postulados da geometria plana que conhecemos foram estabelecidos por Euclides no século III a.C. No final do século XIX, dois matemáticos,

Lobatchevski e Riemann, separadamente, partiram de postulados diferentes dos euclidianos e montaram geometrias igualmente coerentes e rigorosas.

Esses esquemas operacionais diferentes podem se revelar de grande fecundidade: a teoria da relatividade generalizada de Einstein não se explica pela geometria euclidiana, mas se traduz muito bem na proposta de Riemann.

É fácil imaginar o impacto dessas novas descobertas para o homem, cujo universo de percepção imediata é euclidiano...

A física não-newtoniana

Até o século XIX, em pleno cientificismo, o homem estava ciente da sua capacidade de conhecer o mundo pela ciência, cujas teorias pareciam adequar-se perfeitamente à realidade percebida pelos sentidos. A física newtoniana era considerada a imagem absolutamente verdadeira do mundo, tendo como pressupostos o *mecanicismo* e o *determinismo*. Se pudséssemos conhecer as posições e os impulsos das partículas materiais num dado momento, poderíamos, segundo a hipótese de Laplace, deduzir pelo cálculo toda evolução posterior do mundo.

No entanto, na década de 1920, descobertas de De Broglie no campo da *física quântica*, considerando o elétron um sistema ondulatório, permitiram a Heisenberg a formulação do *princípio da incerteza*, segundo o qual constitui uma impossibilidade a determinação simultânea e com igual precisão da localização e da velocidade de um elétron.

O aparecimento desse "irracionalismo" na ciência foi um duro golpe para a exaltação positivista do século XIX.

6. As novas orientações na epistemologia contemporânea

Não só esses fatos desencadearam uma crise na ciência. Outros pensadores já tinham posto em dúvida os métodos das ciências da natureza: Duhem (1861-1916), Poincaré (1853-1912), Mach (1838-1916).

Poincaré, afirmando que "as teorias não são nem verdadeiras, nem falsas, mas úteis", quer mostrar que a crença na infalibilidade da ciência é uma ilusão.

O que ocorre no início do século é uma necessidade de reavaliação do conceito de ciência, dos critérios de certeza, da relação entre ciência e realidade, da validade dos modelos científicos.

O Círculo de Viena

O Círculo de Viena surgiu com a intenção de investigar até que ponto as teorias, através da análise da sua estrutura lógica, têm probabilidade de

de Russell e Whitehead. Estes autores representam a tendência *neopositivista* ou do *empirismo lógico*.

Aí a experiência e a linguagem se completam: a experiência é transcrita em forma de proposições, que são verdadeiras enquanto exprimíveis. E as proposições "têm sentido" enquanto mensuráveis (tudo o que não é mensurável não tem sentido).

Refletindo a influência positivista, os lógicos do Círculo de Viena têm a convicção de que a lógica, a matemática e as ciências empíricas esgotam o domínio do conhecimento possível. O *princípio de verificabilidade*, identificando significado e condições empíricas de verdade, excluía a filosofia do domínio do conhecimento do real.

A reação de Popper

Popper (1902) sofreu inicialmente a influência de Carnap e do Círculo de Viena, mas teceu diversas críticas a eles. Para ele, o cientista deve estar mais preocupado não com a explicação e justificação da sua teoria, mas com o levantamento de possíveis teorias que a refutem. Ou seja, o que garante a verdade do discurso científico é a condição de *refutabilidade*. Quando a teoria resiste à refutação, ela é corroborada, ou seja, confirmada. Somente a corroboração nos diz qual de nossas teorias descreve o mundo real. Por isso Popper critica a psicanálise e o marxismo, cujos universos teóricos se restringem às explicações de seus idealizadores e não dão condições de refutabilidade.

A posição de Kuhn

Thomas Kuhn (1922) contrapôs sua teoria à de Popper, negando que o desenvolvimento da ciência tenha sido levado a efeito pelo ideal da refutação. Ao contrário, a ciência progride pela tradição intelectual representada pelo *paradigma*, que é a visão de mundo expressa numa teoria. Nas fases chamadas "normais" da ciência, o paradigma (por exemplo, o newtoniano) serve para auxiliar os cientistas na resolução dos seus problemas, e o progresso se faz por acumulação de descobertas.

Mas há situações privilegiadas, de *crises*, quando o paradigma já não resolve uma série de anomalias acumuladas. *Revoluções* desse tipo foram operadas por Copérnico, Newton, Darwin, Einstein e Heisenberg.

Outras posições além do debate Popper-Kuhn

Se Popper afirmou que a ciência é racional, na medida em que critica as suas teorias (ideal de refutabilidade), e Kuhn argumentou que uma teoria,

Feyerabend (1924) cedo abandonou o empirismo, classificando-se como um anarquista epistemológico. Criticando as posições positivistas, defende o pluralismo metodológico: as metodologias normativas não são instrumentos de descoberta. A sua famosa afirmação de que "o único princípio que não inibe o progresso é: *tudo vale*" aparece num livro cujo título sugestivo indica sua posição: *Contra o método*.

Feyerabend quer dizer que não existe norma de pesquisa que não tenha sido violada, e é mesmo preciso que o cientista faça aquilo que lhe agrada mais. E que deve tornar a teoria persuasiva por recursos retóricos através da propaganda, a fim de melhor convencer a comunidade científica. Ele acha que foi exatamente isso que Galileu fez para convencer a todos acerca da hipótese do movimento relativo.

Questionário

1. Qual é a etimologia da palavra *método*?
2. Em que período da história o método passou a ser a discussão central da filosofia?
3. Qual a importância da dúvida metódica de Descartes?
4. Qual o método usado como modelo das ciências experimentais?
5. Qual é a divisão das ciências?
6. Qual é a diferença entre a observação espontânea e a científica?
7. Qual é a crítica feita ao empirismo quando afirma que a observação deve partir dos fatos?
8. Qual é a etimologia da palavra *hipótese*? O que ela significa? Qual é o seu papel?
9. Quais são as fontes da hipótese?
10. Quais as condições de validade da hipótese?
11. O que é experimentação? Quais são as vantagens?
12. O que são leis? O que é determinismo?
13. O que são generalizações empíricas?
14. O que são leis teóricas? Qual foi a primeira grande teoria?
15. Quais são as funções da teoria?
16. O que são modelos?
17. Em que o método da física influenciou no aparecimento das demais ciências? Situe-as no tempo.