

EVOLUÇÃO DO PENSAMENTO CIENTÍFICO

Profª Ana Paula Andrade

Área de Metodologia Científica

Departamento de Filosofia e Ciências Humanas

Universidade Estadual de Santa Cruz

Entende-se por pensamento científico o ato de pensar, refletir ou meditar, tendo como objetivo o conhecimento. Neste contexto, pode-se dizer que as raízes do pensamento científico se encontram na Grécia Antiga, onde Ciência e Filosofia conviviam misturadas e cooperando entre si, por meio da atividade de reflexão e meditação, na busca pelo conhecimento da *verdade absoluta*. Impulsionada pelas reflexões dos gregos antigos, a prática do pensamento científico adquire uma forma mais expressiva ao final da Idade Média. As transformações vividas nos séculos XVI e XVII, e, sobretudo, o Renascimento científico e cultural, trouxeram à humanidade novas concepções a respeito do ser humano, da vida, da natureza, das artes, da filosofia e da ciência. Neste cenário, desenvolveu-se uma crescente preocupação em diferenciar a ciência das pseudociências e das especulações metafísicas, fazendo emergir novas correntes de pensamento com seus respectivos métodos que estipulavam as regras do bom pensamento científico. Assim afloraram as correntes de investigação científica, denominadas racionalismo (de Descartes) e empirismo (de Galileu e Bacon), ambas embasadas na concepção mecanicista da natureza. A partir de então, desenvolveram-se as matemáticas e as técnicas de observação e experimentação, dando início a toda uma transformação científica e social. Neste contexto, ocorre o surgimento das ciências modernas com toda sua diversidade e multidisciplinaridade. É nesta fase que as principais ciências naturais e sociais estabelecem os seus paradigmas e surgem as grandes descobertas científicas. Estas, por sua vez, fizeram emergir novas teorias científicas, abrindo caminho para novas correntes de pensamento científico, como o criticismo Kantiano, a dialética Hengeliiana, o positivismo de Comte, o marxismo, a fenomenologia de Husserl, o existencialismo de Sartre e o neopositivismo de Popper. Correntes estas que muito influenciaram o pensamento da época e as atividades científicas.

O Desenvolvimento das Ciências Naturais

O pensamento científico tem sua origem nas antigas colônias gregas, quando os pensadores e filósofos, refutando as explicações mitológicas, começaram a se questionar a respeito da constituição e das leis que regem a natureza, a *physis*. É sabido que o pensamento grego foi significativamente influenciado pela cultura de outros povos. Há fortes evidências de que os povos antigos como os babilônios e os egípcios já se valiam das técnicas de observação e experimentação da natureza para inferir os conhecimentos básicos acerca dos fenômenos naturais. Entretanto, os principais registros do pensamento racional a respeito da natureza têm início, no período helênico, por volta do século VI A.C., quando surgiram as primeiras correntes de pensamentos construídas sobre a experiência e a razão, cujo objetivo era o de encontrar explicações naturais para os processos e fenômenos da natureza, sem ter,

para isso, que recorrer aos mitos. Nesta época, surgiram as primeiras cosmogonias que tentavam explicar as origens e a descrição do Universo, mas por vezes, recaíam nas explicações metafísicas e teológicas. Os filósofos gregos, especialmente os filósofos das ilhas *Jônicas* (ou *Iônicas*), se dedicavam, sobretudo, às questões relacionadas à substância básica por detrás das transformações ocorridas na natureza. Alguns acreditavam que esta substância poderia ser de origem orgânica e imortal, como a água, ou o ar, ou mesmo a simples capacidade intrínseca de transmutação da natureza. Empédocles foi um dos primeiros a considerar quatro elementos básicos: terra, ar, fogo e água; e mais duas propriedades transformadoras: “amor” e “ódio”. Heráclito centrou sua filosofia nos processos de mudança na natureza. Para ele não havia elementos básicos, mas sim um processo intrínseco de transformação da natureza.

Dentre as várias e importantes correntes de pensamento dos filósofos naturais daquela época, destacam-se também as correntes dos pitagóricos e dos atomistas. Pitágoras, um dos mais legendários pensadores da antiguidade, acreditava na relação direta entre misticismo e ciência. Para os pitagóricos, os números representam a essência da natureza e a expressão da mente divina. Já os atomistas, como Demócrito e Leucipo, acreditavam que a essência da Natureza é imutável e que a matéria é constituída por uma infinidade de pequenas unidades indivisíveis, eternas e imutáveis, que denominaram átomos. A corrente dos atomistas é, por vezes, denominada materialista, devido à sua crença na essência material da natureza. O Platonismo e o Aristotelismo foram outras duas importantes correntes de pensamento na idade antiga. Para Platão, o fundador da *Academia*, a matemática, mais precisamente a geometria, representa a base de todo pensamento filosófico. Platão promoveu um verdadeiro culto às formas e defendia o pensamento racionalista como única forma de chegar à verdade. Platão considerava a natureza subdividida em duas partes: o mundo real que seria o mundo das ideias perfeitas e o mundo aparente, aquele apontado pelos sentidos imperfeitos que seria uma “réplica imperfeita das ideias perfeitas”. E assim, Platão sustentava a teoria inicialmente tratada por Parmênides que dizia que a experiência é uma ilusão, os sentidos enganam e a única forma de chegar à verdade e compreender o mundo das ideias é por meio do raciocínio ordenado.

Aristóteles, o fundador do Liceu, também defendia o pensamento lógico, no qual a construção da verdade se dá por intermédio da análise. A lógica foi definida por Aristóteles como a arte e o método de pensar corretamente, por meio de argumentos dedutivos e provas. Aristóteles ressaltou a diferença básica entre a demonstração e a descoberta, sendo a primeira parte do conhecimento absoluto, enquanto a descoberta parte dos dados observados. Ao contrário dos platonistas, os aristotélicos acreditavam também no uso dos sentidos como forma de chegar ao conhecimento da verdade. No entanto, Aristóteles defendia

o entendimento da natureza por meio da observação do seu curso ordinário, sem, no entanto, interferir nela. Assim, os aristotélicos condenavam a experimentação controlada dos fenômenos. A natureza para eles deveria ser apenas observada e não controlada!

Com o nascimento das correntes místicas e religiosas, no início da Era Cristã, o pensamento científico cedeu lugar ao pensamento teológico que dominou o cenário filosófico durante toda a Idade Média. Neste contexto, a explicação da vida e da natureza passou a ser um pensamento sagrado, no qual o teocentrismo reinava soberano, apoiado na visão aristotélica de Universo subdividido em dois domínios: o do devir e do celeste. Para Aristóteles o universo era esférico, constituído de cascas concêntricas, em torno da Terra. O modelo inicialmente proposto por Eudoxo com 27 cascas, foi aprimorado por Calipo, chegando a 34 camadas, as quais foram elevadas a 56 por Aristóteles, tamanha era a dificuldade em explicar o céu observado! A filosofia das “causas finais” de Aristóteles também serviu de premissa básica para os dogmas do cristianismo. Neste cenário, o questionamento e o desenvolvimento científico foram praticamente interrompidos, sendo retomados apenas no final da Idade Média. Neste período, também prevaleceu o conceito platonista de aversão à ciência observacional.

Após anos de dominação religiosa, tem início o período da Renascença e o pensamento vigente começa a mudar. A partir da retomada de alguns elementos do pensamento grego, surge uma nova postura do homem em relação à vida, às artes, à natureza, à ciência e à filosofia. Neste cenário, cresce a necessidade de diferenciar a ciência das pseudociências e das especulações metafísicas, surgem então o conceito mecanicista da natureza e as correntes do Racionalismo e do Empirismo. O ponto de vista mecanicista considera que a natureza é uma máquina, sendo a matéria e a energia os constituintes básicos, e a matemática a ferramenta descritiva. Esta nova concepção da natureza serviu de premissa para o pensamento cartesiano, segundo o qual a razão constitui o principal mecanismo para levar ao conhecimento científico. Penso, logo existo, dizia Descartes (1596-1650). Segundo ele, a realidade apresenta natureza dual: uma espiritual, o pensamento ou consciência pura, e uma material, que é pura extensão. Assim, Descartes defende que somente através do contínuo raciocínio ordenado, o homem pode encontrar as idéias fundamentais da natureza. Estas, por sua vez, podem ser descritas por intermédio do mecanicismo, ou seja, a descrição matemática.

Outros renascentistas que influenciaram os pensamentos científicos da época foram Galileu Galilei (1564-1642) e Francis Bacon (1561-1626). Bacon foi um dos pensadores, assim como Galileu, a defender metódicas e rigorosas observações a partir das quais se formam, via indução, as teorias conceituais. Entretanto, o empirismo baconiano, diferentemente do empirismo Galileano, acredita no experimento como objeto de análise e verificação. Na concepção de Galileu, o ponto inicial da investigação deveria ser a observação direta do fenômeno para, a partir dele, extrair os elementos para posterior análise e experimentação. Galileu foi um dos primeiros a descrever o Universo em linguagem puramente matemática, refutando as considerações divinas, até então presentes nas considerações científicas. Por misturar o raciocínio matemático com a observação e a experimentação, Galileu foi responsável por

uma nova concepção do pensamento científico e é considerado ainda o fundador da ciência moderna quantitativa. Galileu também influenciou o pensamento do cientista moderno, ao defender o modelo heliocêntrico de Copérnico, encerrando de vez com a concepção aristotélica e as concepções místicas que tanto influenciaram os modelos cosmológicos.

O pensamento baconiano também foi de grande importância para o desenvolvimento da ciência moderna. Bacon defendia a tese de investigação através da lógica intrínseca dos fenômenos como meio de garantir o “controle prático da natureza”, ou seja, a posse de conhecimentos capazes de atuar sobre a natureza transformando-a sempre que possível e desejável. Desta forma, o pensamento científico adquire uma nova característica: a natureza passou a ser algo que podia ser explorada pelo homem. “Saber é poder”, dizia Bacon referindo-se à capacidade de aplicação prática do conhecimento. Até aquela época, ainda não havia o conceito de ciência operativa em benefício do homem, Bacon foi justamente o grande responsável por esta mudança de mentalidade.

A visão mecanicista das ciências naturais foi ainda mais fortalecida com a obra de Isaac Newton (1642-1727) sobre as leis da física. Newton introduz o conceito de força na natureza e, através de um exímio tratamento matemático, mostra que é possível descrever a dinâmica dos corpos. Newton introduz ainda o conceito de que as leis que regem a natureza na superfície da Terra são as mesmas que regem o comportamento dos astros. A visão mecanicista dos fenômenos celestes, entretanto, não conseguiu conter as concepções metafísicas que envolviam os astros. No período da Renascença, é sabido que a astrologia desempenhou um papel muito maior do que a própria astronomia.

A Ciência Moderna

A partir das concepções de Bacon, Galileu, Descartes e Newton, as ciências naturais deram um enorme salto. A visão empirista objetiva de Bacon teve influência determinante sobre a Revolução Industrial. Paralelamente, surgiu também a Revolução Científica, um marco para a Ciência moderna. A sistematização da pesquisa científica em parceria com as pesquisas industriais, contribuiu decisivamente para o desenvolvimento científico que trouxe consigo o desenvolvimento tecnológico. Este, por sua vez, possibilitou novas e importantes descobertas científicas que resultaram em novas teorias. Aos poucos, as ciências naturais viram surgir uma vasta gama de teorias, como a teoria da gravitação, da evolução, da relatividade, a teoria quântica, a teoria genética, dentre muitas outras que se valeram da observação empírica e/ou postulados racionais para a formulação de leis que descrevem ou caracterizam os fenômenos da natureza e da vida. As matemáticas também ganharam espaço e notoriedade, passando a construir o modelo de linguagem de todo o conhecimento científico. Assim, diz-se que a Ciência moderna nasceu com Galileu, se instrumentou com Descartes e se formalizou com Isaac Newton. A exaltação diante dos novos conhecimentos científicos e o novo poder proporcionado pela ciência levou à concepção do “cientificismo”, segundo o qual a ciência é considerada o único conhecimento verdadeiro, e este deve ser alcançado por meio da objetividade e da neutralidade.

Apoiada pelo desenvolvimento tecnológico, as ciências naturais deram um enorme salto. Novas e importantes descobertas científicas foram alcançadas, resultando em novas teorias, como a teoria da gravitação, da evolução, da relatividade, a teoria quântica, dentre muitas outras que se valeram da observação empírica e/ou postulados racionais para a formulação de leis que descrevem ou caracterizam os fenômenos naturais. Assim, os séculos XIX e XX foram bombardeados por importantes descobertas e teorias, tanto na biologia quanto na química e, sobretudo, na física. Esta, por sua vez, serviu de ciência reveladora das características principais da ciência contemporânea. A teoria quântica, por exemplo, revelou a mais inovadora das concepções a respeito da natureza e da descrição da matéria. Os primeiros estudos a revelar a estrutura atômica foram realizados por Ernest Rutherford. Rutherford, através de um experimento, revelou ao mundo a existência do núcleo atômico e despertou a curiosidade científica a respeito do comportamento dos elétrons. Mais tarde, Niels Bohr, apresentou a teoria do átomo de hidrogênio, explicando, através de postulados, a estabilidade atômica e lançando as bases da teoria quântica; que foi também corroborada por Edwing Schrodinger, com o tratamento probabilístico e por Werner Heisenberg, com a formulação do princípio da incerteza. Na investigação sobre a natureza dos elétrons, os experimentos com fendas evidenciaram o caráter dual da matéria. Ao contrário do que pensavam os atomistas gregos, a matéria não apresenta uma natureza única e imutável. Observa-se que os elétrons podem apresentar comportamento tanto ondulatório quanto corpuscular, dependendo da natureza do experimento, e que sua dinâmica é regida pelas leis da probabilidade. Na teoria quântica, o conceito mecanicista de trajetória adquire um significado “frequentista”. Ainda de acordo com a teoria quântica, são incompatíveis as medidas simultâneas de posição e velocidade de uma partícula, fazendo surgir o conceito de relação causal entre o processo de medida e a interferência com o objeto observado. Desta forma, o desenvolvimento da mecânica quântica, assim como de outras grandes teorias, desafia o método experimental objetivo e também o caráter determinístico das ciências naturais. A metodologia defendida por Descartes e Bacon teve um importante papel para o nascimento e embasamento das ciências modernas e contemporâneas, entretanto, o desenvolvimento alcançado possibilitou o surgimento de grandes teorias científicas, fazendo emergir um novo cenário científico para a descrição da prática no desenvolvimento das ciências naturais. No século XX, juntamente com as novas teorias, surgem novas concepções a respeito do conhecimento científico.

Novos Critérios de Demarcação Científica

O desenvolvimento científico do século XX fez aflorar novas discussões quanto aos critérios de demarcação científica e o conceito de verificabilidade das ciências. Por volta de 1930, o austríaco Karl Popper levanta a discussão sobre o processo de pesquisa e a aquisição de conhecimentos nas ciências empíricas. Popper também defende o conceito de regras metodológicas, entretanto, questiona os critérios de demarcação científica. Popper foi um dos filósofos a questionar a visão científica do “Círculo de Viena”, cujo grupo visava encontrar uma base sólida para as ciências naturais, mas defendiam o processo de ratificação das teorias pelo método indutivo, a partir da

procura incessante de experimentos, observações ou exemplos que confirmassem as suposições ou hipóteses iniciais. Popper, ao contrário, chama a atenção da sociedade científica para a capacidade de falseamento das teorias científicas.

Popper não privilegia a razão ou o conhecimento empírico, mas acredita que a ciência requer pontos de vista e problemas teóricos, bem como a aplicação de uma teoria, mediante sua exposição à prova. Popper também defende o conceito de regras metodológicas, entretanto, questiona os critérios de demarcação científica. Para Popper, a lógica da investigação científica deveria identificar-se com a teoria do método científico. Segundo Popper, as teorias têm sua origem num nevoeiro de conjecturas acerca dos fenômenos observados, e este conjunto de hipóteses pode ser investigado por meio do trabalho experimental, cujos resultados podem falsear determinadas conjecturas. De acordo com Popper, as teorias nas ciências naturais nunca são empiricamente verificáveis, entretanto, são susceptíveis de serem submetidas à prova, podendo ser empiricamente falseadas. Popper só reconhece um sistema como empírico ou científico se ele for passível de comprovação pela experiência, entretanto, o critério de demarcação não deve ser a “verificabilidade”, mas sim a “falseabilidade” de um sistema. Popper ressalta ainda que deve haver, em uma teoria, enunciados singulares que sirvam como premissas das inferências falseadoras. Assim, é possível, através de recursos a inferências dedutivas, concluir sobre a falsidade de enunciados Universais a partir da verdade de enunciados singulares. Para Popper, a missão básica de um cientista é buscar leis que o habilitem a deduzir previsões isoladas passíveis de falseamento. O pensamento crítico de Popper é usualmente denominado “neopositivismo”.

A posição negativista de Popper baseia-se na assimetria entre a verificabilidade e a falseabilidade que decorre dos enunciados. Muitos experimentos podem comprovar a validade de uma teoria, mas basta um experimento, ou efeito susceptível de reprodução, que discorde da hipótese inicial para que a teoria seja refutada. Esta hipótese inicial, que deve apresentar uma relação lógica com o enunciado básico, Popper chama de hipótese falseadora. Popper considera também a possibilidade de introduzir, em uma conjectura, hipóteses auxiliares, desde que sua introdução não reduza, mas sim eleve o grau de falseabilidade ou de testabilidade de uma teoria. Para Popper, as teorias não passíveis de julgamento quanto a sua falibilidade, como as terias existenciais, não são consideradas empíricas ou científicas, mas sim metafísicas. Por este prisma, a interpretação causal para o princípio da incerteza pode ser considerada metafísica, mas através da interpretação probabilística da mecânica quântica, Popper considera os pressupostos freqüenciais passíveis de confirmação experimental, validando a mecânica quântica enquanto teoria científica. Assim, uma vez obtidas medidas precisas de posição e movimento de uma partícula, seria dedutível o falseamento do enunciado do princípio da incerteza, o qual representa as bases da teoria ondulatória probabilística, e a mecânica quântica seria então fortemente contestada. Na ausência de tais medidas, a mecânica quântica sobrevive enquanto teoria científica e se fortalece na medida em que as observações concordam as previsões teóricas, entretanto, não é possível afirmar sua total veracidade na descrição dos fenômenos no mundo microscópico.

Thomas Kuhn, um físico teórico dos anos 60, se dedicou ao estudo da história da ciência e terminou por formular uma importante teoria sobre o desenvolvimento das idéias no campo das ciências naturais. Para Kuhn, o desenvolvimento científico é alcançado a partir da pesquisa observacional, ou experimental, quando surgem as grandes diversidades entre as hipóteses iniciais e os resultados empíricos, ocasionando a mudança de paradigma da pesquisa básica. Em linhas gerais, Kuhn descreve as fases inerentes ao processo das grandes revoluções científicas:

- A primeira fase é denominada “ciência normal”, que significa a pesquisa baseada em uma ou mais realizações científicas passadas, reconhecidas pela comunidade científica e, geralmente, relatadas pelos manuais científicos elementares ou avançados. A ciência normal é baseada no pressuposto de que a comunidade científica sabe como é o mundo. Nesta fase, as práticas teóricas e experimentais seguem os princípios do paradigma, do modelo ou do padrão vigente no cenário científico.

- A segunda fase é a fase das anomalias. Fase em que surgem os problemas resistentes ao ataque sistemático e reiterado dos mais sábios membros de uma comunidade científica. Para Kuhn, uma descoberta científica começa com a consciência da anomalia, isto é, com o reconhecimento de que, de alguma maneira, a natureza violou as expectativas de um paradigma que governa a ciência normal. Frequentemente, os problemas são, a princípio, atribuídos a pequenos mecanismos do processo de experimentação e, por isso é produzida inadvertidamente uma série de novas realizações em diversas maneiras. Ao passo em que percebem que a anomalia não pode ser ajustada às expectativas experimentais, a ciência normal desorienta-se seguidamente.

- A crise sucede a fase das anomalias. Nesta fase, tem início, então, uma intensa prática da ciência normal com o intuito de detalhar todas as possibilidades abertas pelas teorias e práticas experimentais. Surgem então novas anomalias não aceitas pela ciência normal. Um dos sintomas usuais da crise é a proliferação de diferentes versões de uma determinada teoria. As versões surgem como uma tentativa de adaptar velhos paradigmas aos novos resultados. Neste ponto, começam as investigações extraordinárias que finalmente levam às revoluções científicas. A emergência de novas teorias é geralmente precedida por um período de insegurança profissional, pois implica na destruição completa ou mesmo parcial de um paradigma e em grandes alterações das técnicas da ciência normal.

- A crise só termina quando se inicia a revolução científica. Estas finalmente ocorrem com a mudança de paradigma e a alteração dos compromissos profissionais. As revoluções, segundo Kuhn, são os complementos desintegradores da tradição à qual a atividade da ciência normal está ligada. O novo paradigma implica uma definição nova e mais rígida do campo de estudos. Para Kuhn, o sucesso de um empreendimento depende da disposição da comunidade científica para defender esse pressuposto, pois a aquisição de um paradigma é um sinal de maturidade no desenvolvimento de qualquer campo científico. Assim, Kuhn justifica a dificuldade que a comunidade científica tem de aceitar as novidades fundamentais, porque estas subvertem os compromissos básicos já bastante enraizados. Entretanto, à medida que a sustentação destes compromissos

começa a recair na arbitrariedade, a pesquisa normal não mais consegue refutar as novidades por muito tempo. Kuhn considera também uma classe especial de anomalias, aquela cuja natureza é indicada pelos paradigmas existentes, mas cujos detalhes somente podem ser entendidos após uma maior articulação da teoria. Nestes casos, não ocorre propriamente uma revolução, mas apenas a adaptação de um paradigma.

Segundo Kuhn, na história da ciência é possível encontrar vários exemplos de crises seguidas de verdadeiras revoluções científicas, como, por exemplo, a crise desencadeada, no final do século XIX, pelas observações da velocidade finita da luz e a consequente mudança de paradigma da mecânica newtoniana para a mecânica relativística. Em 1905, a teoria da relatividade especial foi proposta por Einstein, introduzindo a mudança de conceito de tempo absoluto para tempo relativo, entretanto, no final do século XVIII já havia registros de trabalhos criticando a concepção newtoniana de espaço absoluto.

O Método Moderno

Em tempos modernos, a grande diversidade científica fez emergir novos conceitos de metodologia em pesquisa. Além dos métodos clássicos de pesquisa indutiva e dedutiva, derivados das metodologias racionalista e empirista, novos métodos estão constantemente emergindo no cenário científico, sendo cada qual aplicado a uma temática, uma realidade e uma objetividade específica, visto que não existe uma receita única ou uma fórmula segura para ser aplicada gerando resultados. Cada processo de investigação científica tem sua peculiaridade carecendo de hipóteses e habilidades distintas conforme o problema a ser analisado. Entretanto, em linhas gerais, pode-se dizer que os pressupostos de Popper e Kuhn se complementam na descrição do processo de desenvolvimento das ciências naturais. Em muitas áreas do conhecimento, nas quais o processo de experimentação ou mesmo a observação direta dos fenômenos é difícil, por vezes até impossível, utiliza-se com frequência o método dedutivo-falseável para validar as teorias.

Sem dúvida, ao longo da história de construção do conhecimento científico, as várias correntes de pensamento tiveram influência decisiva sobre as concepções e as atividades científicas. Entretanto, na idade contemporânea, é certo dizer que, na prática das atividades da ciência, as pesquisas atuais se favorecem da aplicação objetiva de conceitos específicos em cada área. Na área das ciências naturais, que por sua vez tende a seguir o pensamento materialista na busca pela essência do fenômeno concreto, a teoria quântica, por exemplo, revelou a mais inovadora das concepções a respeito da natureza e da descrição da matéria. Desta forma, o desenvolvimento da mecânica quântica, assim como o de outras grandes teorias, desafia a verdade absoluta da natureza, o método experimental objetivo e também o caráter determinístico das ciências naturais. Assim, na era da multidisciplinaridade científica, novas concepções estão constantemente emergindo no cenário científico, sendo cada qual desenvolvido e aplicado a uma temática, uma realidade e uma objetividade científica específica.