Capítulo I

Ciência moderna: fundamentos de uma nova linguagem

Marcelo Gomes Germano

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

GERMANO, MG. *Uma nova ciência para um novo senso comum* [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2011. 400 p. ISBN 978-85-7879-072-1. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported.

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição - Uso Não Comercial - Partilha nos Mesmos Termos 3.0 Não adaptada.

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported.

Capítulo I

Ciência moderna: fundamentos de uma nova linguagem

*Toda a nossa ciência, comparada com a realidade é primitiva e infantil – e, no entanto, é a coisa mais preciosa que temos.
(Albert Einstein).*

Os saberes e as técnicas, a ciência e a tecnologia

Saberes e técnicas

“A primeira premissa de toda história da Humanidade, como nos sugere Marx, “é, naturalmente, a existência de indivíduos humanos vivos”, e a segunda que, “ Ao produzirem os seus meios de vida, os homens produzem indiretamente a sua própria vida material” (MARX & ENGELS, 1984). O trabalho é, portanto, o principal fundamento da vida humana e, em certo sentido, criou o próprio homem.

De fato, como aponta Engels (1984), as primeiras ferramentas utilizadas pelos homens foram as próprias mãos e foi no processo de desenvolvimento do trabalho que surgiram as técnicas primitivas.

Por alguma circunstância adversa, uma determinada espécie de primata teria sido obrigada a descer das árvores e aventurar-se pelas planícies. Os membros superiores, livres

de suas antigas obrigações, puderam desenvolver outras habilidades, principalmente habilidades técnicas, importantes para sobrevivência da espécie. A *técnica* – como meio apropriado de atingir determinado objetivo – nasce, assim, como um prolongamento do próprio organismo, como uma tática de sobrevivência de uma espécie defeituosa que se descola da natureza pela via do trabalho e da cultura.

Conforme essa teoria, algum tipo de macaco que existiu há milhares de anos, pôde evoluir principalmente através de sua ação no enfrentamento com a natureza, sendo o uso das mãos, fator decisivo para essa importante transição.

Devido precisamente a esta maneira de viver, em que as mãos, ocupadas para se firmarem nos galhos, desempenhavam funções diferentes das dos pés, os macacos foram, pouco a pouco dispensando-as para o ato de caminhar no chão e assumindo desta forma uma postura cada vez mais ereta. Deu-se assim, o passo decisivo na transição do macaco ao homem (ENGELS 1984, p. 9/10).

Os benefícios adquiridos pela nova maneira de utilizar as mãos, tornando-as cada vez mais hábeis, iriam repercutir no conjunto do corpo através dos chamados, reflexos da correlação do crescimento, teoria sugerida por Darwin. Portanto, a evolução das mãos, através do trabalho, teria provocado um desenvolvimento correlato no cérebro de uma determinada espécie de primata que, a partir do fazer, da antecipação do pensamento à ação e da capacidade de elaboração abstrata, teria desencadeado o processo de construção da espécie humana.

Contudo, é necessário acrescentar que, ao transformar a natureza, o homem já o faz articulando-a simbolicamente através da linguagem, principal elemento da mediação simbólica entre a natureza e a cultura, logo não se orienta apenas por necessidades imediatas, mas pelo transcendente, pela imaginação e pelo desejo de dar um novo sentido à realidade. Diferentemente do animal que permanece colado à sua atividade vital, o homem a distingue de si mesmo, descolando-se dela através de ações oriundas de uma vontade consciente. Embora os outros animais também produzam, só o homem o faz em domínios universais, produzindo para si e para outras espécies. O homem não é mais um ser de natureza, mas uma contradição dialética entre a natureza e a cultura³.

Essa produção é sua vida ativa como espécie; graças a ela, a natureza aparece como trabalho e realidade *dele*. O objetivo do trabalho é, portanto, a objetificação da *vida como espécie do homem*, pois ele não mais se reproduz a si mesmo apenas intelectualmente, como na consciência, mas ativamente e em sentido real, e vê seu próprio reflexo em um mundo por ele construído (MARX, 2004, p. 9).

É no, e pelo trabalho, que o homem vai se construindo enquanto constrói o mundo. E é através do trabalho que

3 Isto não significa que o homem não seja um organismo vivo que faz parte da biosfera, mas que introduziu uma contradição entre o ser biológico e o ser cultural que procura transcender os limites impostos pela própria natureza. Contudo, ainda resta a problemática questão de saber se existe, de fato, um descolamento ou uma simples manifestação da própria natureza através da cultura humana.

tentaremos compreender o processo de transição: dos saberes e das técnicas para a ciência e a tecnologia.

De acordo com Habermas (1983b), a história da técnica pode ser reconstruída do ponto de vista da objetivação progressiva das ações racionais orientadas para fins. Para o autor, a espécie humana teria projetado, sobre os meios técnicos, os componentes básicos destas ações racionais que antes limitavam-se a esfera do organismo, substituindo as funções de movimento (mãos e pernas); a produção de energia (do corpo humano), as funções sensoriais (olhos, ouvidos e pele) até alcançar as funções centrais de controle (do cérebro).

Novamente acreditamos que a consolidação definitiva desse processo só é alcançada a partir do desenvolvimento da linguagem. De modo que,

... só passa a ser verdadeiramente *técnica*, como operativa do trabalho, como atividade calculada, coordenadora de meios, quando a aplicação do pensamento se generaliza, quando a eficácia do trabalho é avaliada e seus resultados previsíveis logram esquematizar a experiência – o que pressupõe a linguagem verbal, solo nativo ou principal elemento efetivador da mediação simbólica da cultura com a realidade (NUNES, 1985, p.105).

É, pois, através da cumplicidade social da palavra, coetânea com o trabalho, que se tornam factíveis as *técnicas*, que estão muito mais próximas dos *saberes* e práticas cotidianas e de senso comum. Para Gorz (2005, p.34), existe uma distinção bastante clara entre conhecimentos

e saberes. “O *saber* é, antes de tudo, uma capacidade prática, uma competência que não implica necessariamente conhecimentos formalizáveis, codificáveis...” Um *saber* é aprendido quando, de tal modo a pessoa o assimilou, que não lembra mais que teve de aprendê-lo. O conhecimento formal pode até tornar-se *saber* na medida em que o formalismo for assimilado e, conseqüentemente, esquecido. Outros autores como Rodrigues (2003) acreditam que reside na motivação uma das diferenças fundamentais entre ciência e saber. Portanto, a sabedoria, como forma substantiva do verbo saber⁴, assim como seus cognatos etimológicos, sábio e sapiência, significa o conhecimento procurado com gosto, saboreado. Em “Ciência e Sapiência” e em muitas outras obras, Alves (1999) também aponta os saberes como próximo dos sabores e entende a sabedoria como conhecimento vinculado aos prazeres e a felicidade. Se toda sabedoria envolve ciência, nem toda ciência implica necessariamente em sabedoria. Esta precisão conceitual é importante, para manter clara a distinção entre a *ciência* e os *saberes*, a *tecnologia* e as *técnicas*.

De origem grega (*tékhne*), a palavra técnica está relacionada à utilização de instrumentos, embora possa assumir significados mais amplos tais como: ofício, profissão, habilidade para fabricar, construir ou compor algo. Na opinião de Chauí (1997, p. 225) “a *técnica* é um conhecimento empírico, que, graças à observação, elabora um conjunto de receitas e práticas para agir sobre as coisas”.

4 Procedente da matriz latina defectiva no supino, *sapio, is, ii, ou ivi, ere* = gostar de, ter gosto de, saborear.

Obra de Hipócrates destinada a transmitir as técnicas da medicina, “*A Tékhne*”, é um registro antigo de utilização do termo. Mas é em Aristóteles que vamos encontrar uma concepção mais próxima do conceito atual. Como se sabe, em uma visão aristotélica, a base primordial do conhecimento são as sensações e os contatos imediatos com o mundo. Impregnadas na memória, as repetidas marcas dessas sensações constituem-se em experiências (*Empeiria*) que, a partir de percepções individuais, avançam para associações gerais, dando origem, tanto à “arte” (*Techné*) como à ciência (*Episteme*). Além de estabelecer um conceito para a técnica, também entendida como “arte”, isto é, habilidade para construir ou compor determinados utensílios, Aristóteles ainda aponta diferenças entre as artes e a ciência que, além de mais exata e mais completa que a arte, deveria exprimir-se numa linguagem passível de ser comunicável, captando o invariante no interior do processo de transformações das coisas. Conforme Granger (1994), a técnica aristotélica não deixa de ser uma forma de conhecimento razoável, no entanto, a ciência lhe é superior, sobretudo, por se referir ao necessário e permitir a demonstração.

As técnicas são, portanto, aqueles saberes ainda não impregnados pelo conhecimento científico sistematizado; são aquelas habilidades e saberes derivados diretamente das experiências práticas e sem a necessidade prévia de bases teóricas. De acordo com Bernal (1975a), os próprios métodos usados pela ciência teriam a sua origem nas práticas e ofícios manuais cotidianos, de modo que, uma *técnica* seria um processo adquirido individualmente e perpetuado

socialmente⁵, de fazer uma determinada coisa, enquanto uma *ciência* seria outra maneira de compreender como se faz aquela coisa, de modo a poder fazê-la melhor. Mas isso diz muito pouco a respeito da atividade científica, bem como do processo envolvido em seu afastamento das técnicas e dos ofícios.

Ciência e tecnologia

A ciência é um fenômeno social tão antigo e vem enfrentando tantas transformações ao longo de sua história que, qualquer tentativa de construir um conceito universal em torno desta atividade seria, no mínimo, incompleta. Talvez Chalmers (1993) tenha razão ao reconhecer na pergunta: “O que é ciência afinal?”, que serve de título a uma de suas obras, a premissa arrogante e enganosa de pressupor a existência de uma categoria universal capaz de reunir todas as especificidades da Física, Química, Matemática, Biologia, Sociologia, História..., em um fenômeno único: *a ciência*. Contudo, embora reconhecendo as limitações aproximativas dos conceitos, não podemos prescindir deles de uma maneira radical e completa, sob pena de cairmos em um relativismo extremado e inoperante. Desse ponto de vista, interessa-nos apresentar um quadro genérico de algumas tentativas conceituais em torno do que o consenso resolveu nomear de *ciência*.

5 Os saberes técnicos também se caracterizam pelo modo de sua transmissão, que se realiza essencialmente por tradição oral, e às vezes, através de escritos meio esotéricos ou coletânea de receitas e de descrições de procedimentos legados por séculos de prática. Por exemplo, o *De re metallica* (Sobre a metalurgia) ou o *Théâtre d'agriculture* (tratado de agricultura), ambos do século XVI (GRANGER, 1994, p.25).

Comumente se apresenta a gênese da ciência em termos de uma evolução linear que, partindo dos mitos, passa pela filosofia, até alcançar o status da ciência experimental moderna. Mas este é um percurso que, muitas vezes, não revela o contexto em que tais transições são construídas. Todavia, se entendemos a ciência como conhecimento lógico e sistematizado, que procura explicar as transformações da realidade a partir de conceitos universais, pode-se dizer que teve sua origem na civilização grega antiga, desenvolvendo-se nos períodos clássico e pós-clássico. Foi dos gregos que herdamos a ideia de ciência (*epistême*) como um conhecimento racionalmente fundamentado, uma *teoria* da realidade. Mas a palavra ciência é de origem latina (*scientia*), que também significa conhecimento.

Sem desmerecer a importante contribuição da ciência primitiva dos egípcios, mesopotâmios, fenícios, hebreus, hindus e chineses, a ciência grega foi, sem dúvida, a que mais influenciou diretamente a nossa cultura científica. Como escreve Ronan:

Entre todos os povos da Antiguidade ocidental, foram os gregos que não apenas colecionaram e examinaram fatos, mas também os fundiram em um grande esquema; que racionalizaram o universo inteiro, sem recorrer à magia ou superstição (2001, p.64).

No entanto, as bases escravocratas de sua produção material não possibilitaram a aproximação entre teoria e prática, entre ciência e técnica. Na antiga ciência grega, teórica e próxima da filosofia, os cidadãos livres e os filósofos

desprezaram os trabalhos manuais, as técnicas e ofícios como um tipo inferior de conhecimento. A esse respeito, Platão aconselhava: “Temos feito grandes esforços para liberar nossos cidadãos da necessidade de realizar trabalhos manuais”. E, seguindo a mesma tradição, Aristóteles, também, via muito mais grandeza no ócio que no trabalho. Para ele “... existe no próprio descanso uma espécie de prazer, felicidade e encantos unidos à vida, mas que se encontram somente nos homens livres de todo o trabalho” (apud MIRANDA, 1998, p, 31-32). Com base nesse pressuposto, ele estabelece uma diferença entre os saberes ligados às técnicas produtivas e o conhecimento científico. Por conseguinte, a ciência aristotélica é uma ciência teórica que, apesar de fundamentar-se em observações de senso comum, estabelece princípios universais e livres das transitoriedades acidentais das experiências cotidianas.

Nesse contexto, apesar da existência de várias técnicas e engenhos mecânicos, até as proximidades do século XV, o desenvolvimento destas, não tinha quase nenhuma relação com a ciência, que se desenvolvia em outro lugar.

Na sociedade medieval, os homens também se encontravam divididos entre servos e senhores. Os primeiros destinados ao trabalho e à servidão e os segundos ao ócio e às especulações teológico-filosóficas. De acordo com Vieira Pinto,

...os representantes da classe pensante entregam-se à pura especulação, procurando por intuição e por esforço imaginativo descobrir a essência das coisas, a matéria primeira de que o universo é composto, as entidades divinas que o governam, as

substâncias imateriais que explicam o comportamento dos seres animados, as forças ocultas que operam os fenômenos extraordinários, as qualidades formais pelas quais os objetos manifestam sua natureza íntima e mil outros problemas metafísicos, ilusórios, resultantes da exclusiva exploração das ideias enquanto tais, desvinculadas da materialidade (1979, p.132).

No contexto da modernidade, a situação não é essencialmente diferente. Eliminam-se os servos e a escravidão, em favor de trabalhadores “livres”, mas desprovidos dos meios de produção e subsistência. Na realidade, o trabalho se transforma e assume características diferentes conforme os vários modelos de organização social que vão prevalecendo.

Em algumas formas antigas de organização social, o trabalho era dividido como *cooperação* conforme as capacidades e possibilidades de cada um. Os resultados também eram partilhados igualmente com todos os membros da comunidade, com ênfase no trabalho cooperativo, em uma espécie de comunismo tribal primitivo. A partir dos excedentes de produção, nascem as primeiras possibilidades de troca, o que possibilita a apropriação do trabalho desenvolvido por outros homens e um maior desenvolvimento da propriedade privada. Segundo Marx e Engels (1984), este fato já se verifica na divisão natural do trabalho no interior da família e na separação da sociedade em famílias individuais e opostas umas as outras. Neste processo, se produz uma repartição desigual do trabalho, tanto em qualidade como em quantidade e uma consequente diferença na propriedade.

Nos Manuscritos Econômicos e Filosóficos, Marx sintetiza o pensamento de Adam Smith sobre a divisão do trabalho da seguinte forma:

a divisão do trabalho confere a este uma capacidade de produção ilimitada. Ela se origina da *propensão a trocar e barganhar*, uma propensão especificamente humana que provavelmente não é acidental, porém determinada pelo uso da razão e da fala. O motivo dos que se empenham nas trocas não é a bondade, mas o *egoísmo*. A diversidade dos talentos humanos é mais o efeito que a causa da divisão do trabalho, i. é, do intercâmbio. (MARX, 2004 p.42/43).

Com efeito, à época de Marx, a divisão do trabalho já era reconhecida como o mais eficaz e importante meio de alcançar os mais altos desdobramentos das faculdades humanas para a riqueza social. Também já se sabia que, a cada indivíduo, deveria ser dada a menor amplitude possível de operações, o que diminuía expressivamente a capacidade de cada homem tomado individualmente. Se em Descartes e Bacon a divisão metodológica das dificuldades permitia uma maior aceleração na produção do conhecimento, por seu lado, a divisão do trabalho também alavancava a produção em massa, ao mesmo tempo em que produzia um exército de trabalhadores miseráveis e desqualificados, sobretudo, porque o aperfeiçoamento da Mecânica incorporava às novas máquinas as habilidades do ofício e o conhecimento que antes residia nos trabalhadores, aparecia agora, diluído no mistério de máquinas que

pertenciam ao novo patrimônio da empresa. A divisão do trabalho é, portanto, uma condição necessária para o surgimento da ciência moderna.

De acordo com Engels (1983), a manufatura transforma e mutila o operário que, incapaz de fazer um produto independente, converte-se em um simples apêndice da oficina do capitalista. O controle intelectual do trabalho desaparece e desemboca no outro extremo da produção, em que a potencialidade espiritual do processo de trabalho é dominada pela propriedade e pelo poder dos patrões.

Este é um processo que tem sua gênese no trabalho cooperativo, desenvolve-se na manufatura e aperfeiçoa-se ainda mais na grande indústria. Se no modelo cooperativo, o trabalhador mantinha razoável controle sobre suas habilidades e seu trabalho, a manufatura revoluciona completamente o processo, apoderando-se da força individual do trabalhador e obrigando-o a permanecer condicionado a certas habilidades particulares que inviabilizam o desenvolvimento de seu potencial criativo.

O trabalho, essência principal da formação do homem, torna-se, pois, motivo de sua alienação e sofrimento. E, como escreve Manacorda (1991, p. 44), “é a essência subjetiva da propriedade privada e está frente ao trabalhador como propriedade alheia, a ele estranha e é prejudicial e nocivo a ele”. Por conseguinte, o homem começa a desenvolver uma relação contraditória frente ao trabalho que, embora necessário, passa a ser encarado como fonte de desgraça e penúria, desencadeando-se o gradativo processo de afastamento entre os trabalhos manuais e a reflexão intelectual. Aos escravos e menos nobres, cabendo o trabalho

mais pesado e menos digno; aos líderes e senhores, as elaborações abstratas e reflexões filosóficas,

[...] porque com a divisão do trabalho está dada a possibilidade, mais, a realidade de a atividade espiritual e a atividade material, o prazer e o trabalho, a produção e o consumo caberem a indivíduos diferentes. A partir deste momento, a consciência pode realmente dar-se à fantasia de ser algo diferente da consciência da práxis existente, de representar realmente alguma coisa sem representar nada de real. (MARX; ENGELS, 1984, p.35/36).

Portanto, como afirma Vieira Pinto (1979), em tal contexto, a cultura deixa de ser um bem unitário e se bifurca em duas metades contraditórias. Uma delas representada pelo seletivo grupo dos letrados que se apropria do aspecto subjetivo da cultura tornando-se dona das ideias e das finalidades a lhes dar e assumindo a função do conhecimento “puro”, enquanto a outra é afastada da esfera ideal da cultura e recebe uma função operativa ou, no máximo, uma “instrução básica” condicionada ao desenvolvimento dos novos processos produtivos. Este processo de bifurcação esteve presente em vários outros momentos da história, mas é no contexto da modernidade que ele assume uma versão diferente, sobretudo, porque usurpa dos trabalhadores o domínio das técnicas para substituí-las pelos novos critérios de uma ciência e de uma tecnologia pensadas por outros e em outro lugar.

Porém, de acordo com Bernal (1976c, p. 532), mesmo nas fases iniciais da Revolução Industrial, a ciência não teve contribuição direta no processo produtivo, cabendo muito mais aos artífices, técnicos e inventores a sustentação e o desenvolvimento dos aparatos da indústria têxtil. Mas, é justamente por tornarem-se essenciais à produção que os técnicos e artífices deixam de ser desprezados como haviam sido nas épocas clássica e medieval e, uma nova atmosfera de respeito em relação às artes da fiação, da tecelagem, da olaria, da soproagem de vidros e, principalmente, dos mineiros e dos metalúrgicos, mais ligados à indústria, vai marcar a Europa nos séculos XVIII e XIX.

De acordo com Bernal (1976b, p.482), a elevação da posição dos artífices tornou possível o encontro entre as suas tradições profissionais e as dos estudiosos, que desde as mais antigas civilizações havia sido interditado. O elo entre essas duas vias não será imediato, mas, depois de iniciado, desenvolver-se-á numa marcha veloz e explosiva. É, por exemplo, a partir do aperfeiçoamento da máquina a vapor – uma aplicação mais clara de princípios técnico-científicos – que a Revolução Industrial vai ganhar um novo impulso, acelerando bastante o processo de industrialização. Até aqui ciência e técnica desenvolveram-se separadamente. Técnicas, mas sem conhecimento formal, técnicas, mas sem *tecnologia*.

A segunda fase da Revolução Industrial é caracterizada por uma outra grande revolução em sua matriz energética de sustentação. Trata-se da utilização da energia elétrica, associada ao desenvolvimento do eletromagnetismo. Nesse caso, já se verifica um afastamento mais acentuado da pesquisa científica que, embora voltada para o problema da

indústria se desenvolve longe do ambiente das técnicas de produção. De acordo com Bernal:

A história da eletricidade e do magnetismo oferece-nos o primeiro exemplo, em toda a história, da transformação de um corpo de experiências e de teorias puramente científicas numa indústria em grande escala. A indústria elétrica é necessariamente científica em todas as suas fases (1976c, p.629).

Na revolução da termodinâmica, assistimos a uma técnica que vai se metamorfoseando em *tecnologia*; no caso do eletromagnetismo, um corpo de conhecimentos científicos vai transformar-se em *tecnologia* industrial, verificando-se um tipo novo de afastamento entre os ambientes da teoria e da prática. Portanto, conforme escreve Nunes, a palavra *tecnologia*,

é uma expressão específica, em uso a partir de 1772, denotando um fenômeno moderno, que reprojeta as condições distintas de nosso tempo: a ligação da *ciência* com a *técnica*, ou seja, o ciclo do desenvolvimento da técnica embasada no conhecimento científico, e que evolui em função dele tanto quanto o faz progredir (1985, p. 106).

A partir deste entrelaçamento que, em certo sentido, já havia sido prenunciado por Galileu, os limites de separação entre ciência e tecnologia são cada vez menos plausíveis e as verdades da ciência se confundem com suas conquistas tecnológicas.

A ciência em sua versão moderna

Dos gregos, herdamos as duas primeiras e mais influentes concepções de cientificidade: o *racionalismo*, que poderíamos associar aos nomes de Pitágoras e Platão e o *empirismo* alinhado à medicina grega e relacionado aos nomes de Empédocles e Aristóteles, principalmente.

Em uma concepção racionalista moderna,

... a ciência é um conhecimento racional dedutivo e demonstrativo como a matemática, portanto, capaz de provar a verdade necessária e universal de seus enunciados e resultados [...]. O objeto científico é uma representação intelectual universal, necessária e verdadeira das coisas representadas e corresponde à própria realidade, porque esta é racional e inteligível (CHAUI, 1997, p.252).

Desse ponto de vista, a realidade deveria ser enquadrada em modelos racionais apriorísticos em que as observações e experiências são realizadas apenas como objeto de confirmação de uma razão prévia.

Para os empiristas, cujas teses, guardadas as devidas variações, já haviam sido resumidas por Aristóteles: todo o conhecimento, razão ou verdade é fruto de nossas experiências sensoriais, sem a qual, a nossa razão seria uma tábua rasa e vazia de qualquer sentido. Em uma concepção do empirismo moderno,

... a ciência é uma interpretação dos fatos baseada em observações e experimentos que permitem estabelecer induções e que, ao serem completadas, oferecem

a definição do objeto, suas propriedades e suas leis de funcionamento. A teoria científica resulta das observações e dos experimentos, de modo que a experiência não tem simplesmente o papel de verificar e confirmar conceitos, mas tem a função de produzi-los (CHAUI, 1997, p.252).

De Bacon a Descartes, até os dias atuais, estas duas concepções de ciência têm orientado o debate metodológico da ciência moderna no sentido de responder a uma mesma questão que reaparece de várias maneiras diferentes: quais os limites de participação do sujeito e do objeto na construção do conhecimento? Qual a relação entre fatos e teorias, entre conceitos e observações? Para o empirismo naturalista e objetivista, a prioridade deve ser dada ao objeto, aos fatos e às observações, enquanto o racionalismo, subjetivista e idealista, privilegiará o sujeito, as teorias e os conceitos.

Embora o empirismo aristotélico de bases classificatórias e fundamentado em observações de senso comum tenha prevalecido por mais de 1300 anos, o racionalismo, sobretudo em sua expressão matemática, não havia desaparecido. E é justamente no enfrentamento com a física de Aristóteles e em benefício do modelo copernicano que Galileu vai propor uma espécie de falseamento da realidade, reconhecendo que, para estudar a natureza era necessário reproduzir modelos experimentais mais simplificados, que permitissem avançar na direção de um conhecimento mais elaborado e apoiado em argumentos matemáticos; única linguagem apropriada ao diálogo com a natureza. Sem embargo, ao sugerir tal caminho, Galileu introduziu uma

nova linguagem e um novo método que estabeleceu uma profunda ruptura com a linguagem anterior e passou a caracterizar muito claramente o que hoje denominamos de ciência moderna.

No entanto, como sugere Burt (1991), em Galileu, a união entre a visão racionalista e o princípio experimental empirista apresenta certa ambiguidade que permite a continuidade do debate entre as duas visões de ciência anteriormente referidas. Se, de um lado, os sentidos não são confiáveis, de outro, devemos recorrer a eles em busca das necessárias confirmações experimentais.

É justamente esta unidade paradoxal que, conforme Bachelard (1984), melhor define a ciência moderna. Para esse autor, o empirismo e o racionalismo estão de tal forma entrelaçados ao pensamento científico que um deles só triunfa dando razão ao outro; enquanto o empirismo precisa ser compreendido, o racionalismo precisa ser aplicado. De fato, o que caracterizará essencialmente a nova linguagem introduzida pela ciência moderna é a utilização do raciocínio hipotético-dedutivo em aliança com a experimentação reiterada por argumentos matemáticos.

Apesar de opostas no que se referia ao processo de aquisição do conhecimento, o racionalismo e o empirismo concordavam em uma questão de fundo: o status de verdade atribuído ao conhecimento científico. Neste caso, o entrelaçamento das duas concepções em um único método – *o método científico* – irá conferir um importante status de certeza epistemológica à ciência moderna que passará a ser vista como uma representação verdadeira do objeto, uma radiografia fiel da realidade. É essa visão do conhecimento

científico que influenciará mais fortemente as opiniões do senso comum sobre a ciência e os cientistas⁶, mas também suscitará o futuro debate sobre o alcance da verdade no discurso científico.

Depois de provocar uma reconhecida desordem na visão medieval do mundo, a nova ciência apresentará um novo ordenamento que estabelece um recorte com as explicações de natureza qualitativa e orgânica, em favor de uma concepção quantitativa e mecânica do mundo. O novo conhecimento objetivo e matemático irá substituir um conhecimento arbitrário e baseado em revelações divinas, pelo conhecimento seguro e verdadeiro das leis da natureza.

Unificações e universalismo: uma nova linguagem, metódica e determinista

Muito antes da consolidação vitoriosa da ciência moderna, a construção do conhecimento sempre esteve marcada pela crença de que a natureza seria organizada em torno de uma grande regularidade, permitindo ao homem o conhecimento de suas leis e a construção de um cosmos.

Certamente a invenção da linguagem foi uma das primeiras e mais poderosas tentativas da espécie humana em

6 A esse respeito tanto Alves (1985) como Chalmers (1993) concordam com a ideia de que se construiu um mito em torno da ciência e do cientista, de modo que o conhecimento científico passou a ser visto como objetivo, verdadeiro e confiável e, enquanto representante dessa verdade, o cientista assumiu o ônus da criatividade e a responsabilidade de apresentar a última palavra sobre qualquer assunto.

dar um sentido ordenador ao mundo. O aparente caos toma feições humanas a partir da cumplicidade social da palavra. “No princípio era o verbo...”.

Por outro lado, a criação da linguagem se constitui em uma das primeiras formas de afastamento e abstração da realidade, em um acordo de cumplicidade democrática que permite a construção de um mundo com sentido antropológico. Mas o fato de poder pronunciar-se sobre o mundo, não significa que o tenha vencido em suas surpresas e adversidades. Outras formas de apreensão da realidade logo serão requeridas e, como lembra Martins (1994, p.12), os mitos e cosmogonias surgem como novas tentativas de o homem explicar de forma coerente e *unificada* o surgimento e o comportamento estranho do mundo.

Mais tarde, verifica-se um enfraquecimento do mito e da religião em prol de uma outra forma de explicação da realidade: o pensamento filosófico que, embora não esteja totalmente desprendido das crenças religiosas e dos mitos, vai produzir as primeiras tentativas de explicação dos fenômenos da natureza a partir da própria natureza. A filosofia grega inaugura decisivamente este processo.

Com certo exagero, costuma-se afirmar que todas as grandes questões que até hoje inquietam o espírito humano, de alguma maneira já foram postas pelos antigos gregos situados, aproximadamente, no sexto século antes de Cristo. De fato, o novo estilo de perguntar inaugurado pelos ditos filósofos pré-socráticos, também conhecidos como filósofos da natureza, pode ser considerado um marco fundamental na construção do pensamento ocidental e mesmo para a futura consolidação da ciência moderna.

Com efeito, eles foram os primeiros a se perguntarem a respeito de uma unidade subjacente a toda diversidade observada na natureza. E, orientados pela incansável busca de um princípio (*arkhé*) tal que, dele se pudessem tirar, como consequências racionais ou lógicas, as explicações para as estranhas mudanças observadas nos fenômenos da natureza, construíram um dos mais importantes projetos filosóficos da humanidade.

Independente da força de argumentação e da forma meio mítica de explicação da realidade, aquelas elaborações filosóficas foram importantes, sobretudo, pelo conteúdo de sua intencionalidade: a busca de uns ou poucos invariantes que pudessem dar sustentação, ordenamento e previsibilidade aos fatos, garantindo alguma permanência em meio às frenéticas mudanças observadas na natureza. Nesse particular, merece destaque o pensamento da escola pitagórica, porque propõe entidades abstratas (os números e as formas geométricas) como fundamento primeiro de toda a realidade.

Foi a partir de estudos sobre a música que os antigos pitagóricos conseguiram estabelecer uma relação direta entre os sons e os números. Assim, a diversidade de sons e as relações harmônicas do diapasão podiam ser traduzidas em leis matemáticas. Porém, esta capacidade de abstração, que para alguns já se constituía nos primeiros lampejos de uma futura física matemática, não se restringia aos domínios da música sagrada da lira tetracorde. Conforme Chauí (2002), a matematização do universo concebida pelos pitagóricos ia muito mais além, permitindo-lhes explicar todas as coisas a partir de um processo regulado e inteligível de

delimitações do uno primordial ilimitado segundo proporções que diferenciam os opostos e os dispõem numa ordem racional. Para Chauí,

...o pitagorismo pode introduzir com todo o rigor a ideia de ordem ou de Kósmos porque determinou o operador da ordenação – o número –, a forma da ordenação – proporção – e o efeito da ordenação – concordância e harmonia dos contrários governados pelas mesmas leis racionais (2002, p. 76).

No entanto, a linguagem que possibilitava a construção de um novo cosmos não era nem pretendia ser de domínio público. Nascida como doutrina religiosa, cujos ensinamentos deveriam ser mantidos em segredo, a escola pitagórica que professava a crença no deus Apolo Delfos (espírito racional), reservava o conhecimento da matemática a poucos iniciados. Mas esta áurea mística que circundava a escola não era acidental. Havia na linguagem matemática um traço marcante que a diferenciava fundamentalmente de outras formas de linguagem, uma perfeição e universalidade que transcendia os limites da realidade revelada pelos sentidos e pela linguagem comum a eles associada.

Apesar da enorme influência dos pitagóricos, outros filósofos não concordavam com esse tipo de construção matemática do universo, dentre os quais, podemos destacar Empédocles de Agrigento e Aristóteles de Estagira. Curiosamente, tanto o primeiro como o segundo tinham formação médica e naturalista e não aceitavam o matematismo místico dos pitagóricos que identificava a

filosofia à matemática. Em sua crítica dirigida aos pitagóricos, Empédocles comparava aquela forma de conhecimento matemático que desprezava os sentidos e suspendia a realidade a uma presunção frívola próxima dos loucos.

Tendo uma vida breve e tido uma experiência e um conhecimento parciais das coisas, vangloriam-se de conhecer tudo e de conhecer o todo. São frívolos, e não reconhecem como é difícil conhecer, imaginando que basta dizer que a verdade não pode ser alcançada pelos olhos e pelos ouvidos, para supor que será inteiramente conhecida pelo espírito. São loucos. (apud CHAUI, 2002, p. 109).

Em meio a este debate, duas correntes filosóficas antagônicas vão se consolidar: a filosofia parmenidiana do *ser* e a filosofia heraclitiana do *devir*. Essas duas visões vão alimentar um intenso debate em torno do problema da regularidade e da perseverança em confronto com a diversidade e a mudança.

Por mais estranho que pudesse parecer aos seus contemporâneos, Heráclito de Éfeso (540 a 480 a C.) considerava que as constantes transformações ocorridas na natureza eram, na verdade, a característica mais fundamental e verdadeira. Tudo “flui”. Tudo está em movimento e nada dura para sempre. Nesse sentido, não existiria uma substância ou princípio fundamental resistente à mudança. De acordo com Heráclito, a verdade é ter apreendido o ser essencial da natureza, tê-la concebido como processo, como unidade em uma diversidade que se processa através do conflito, em um permanente devir onde “Tudo se faz por contraste,

da luta dos contrários nasce a mais bela harmonia. Para os que entram nos mesmos rios correm outras e novas águas...” (apud BORNHEIM, 1993, frag. 9 e 12, p.36).

Neste confronto, Parmênides de Eléia ($\approx$ 500 a.C.) defende um ponto de vista diametralmente oposto, negando o movimento e as transformações como mera aparência patrocínada pelos sentidos e impondo-nos apenas um único e radical caminho: o caminho do ser.

Resta-nos assim um único caminho: o ser é. Neste caminho há grande número de indícios: não sendo gerado, é também imperecível; possui, com efeito, uma estrutura inteira, inabalável e sem meta; jamais foi nem será, pois é, no instante presente, todo inteiro, uno contínuo. Que geração se lhe poderia encontrar? Como, de onde cresceria? Não te permitirei dizer nem pensar o seu crescer do não-ser (apud BORNHEIM, 1993, p.55).

Ao estabelecer a proibição da geração a partir da unidade dialética entre o ser e o não-ser (nada), Parmênides entra em confronto com o pensamento heraclítico, inaugurando o dilema do *ser* e do *dever* que se tornará um desafio permanente ao pensamento ocidental, estando diretamente relacionado com o problema da imprevisibilidade e do determinismo.

Conforme Parmênides, os nossos sentidos revelam apenas o mundo da aparência, caracterizado pelo tempo e a mudança, enquanto o mundo da realidade, revelado pela razão, é imutável e atemporal, de modo que, somente o presente é, enquanto passado e futuro carecem de significados (MARTINS, 1998, p. 79).

A partir de então, quase toda discussão filosófica esteve, de certo modo, relacionada com a permanência parmenidiana e o seu mais ilustre adversário: o devenir heraclítico. Nesse sentido, o desenvolvimento científico também é marcado por esse persistente embate e, de certa forma, podemos afirmar que a existência de “*leis físicas*” revela uma tentativa de estabelecer permanência na frenética e estranha dança da realidade.

Esse debate prossegue influenciando toda a filosofia grega e, naturalmente, atinge a Academia de Platão (427-367, a.C.) que na obra “O Timeu” revela a clara intenção de conciliar o pensamento de Heráclito e Parmênides ao estabelecer uma estranha contraposição entre o mundo de Deus e das ideias, que nunca se transforma e sempre “é”, permitindo as elaborações cognoscíveis, e o mundo da realidade dos sentidos, em permanente mudança e que nunca “é”, para o qual só podemos referir um conhecimento relativo e do campo da opinião. Apesar de propor um universo *único* finito e perfeito, Platão vai separar o mundo real de um outro mundo ideal que lhe é superior. O mundo das ideias é profundamente distinto do mundo dos sentidos e tem existência eterna enquanto o outro é perecível e, portanto, de natureza inferior. Esta construção filosófica sofre, de fato, uma influência clara do racionalismo pitagórico e, ainda na mesma obra (o Timeu), os antigos elementos de Empédocles aparecem com formas geométricas simples. A terra teria partículas em forma de cubo, o fogo seria formado por pequenas pirâmides de base triangular (tetraedros), o ar por octaedros e a água por icosaedros. De acordo com Bernal (1975-A p.205), o próprio idealismo platônico fundamenta-se na mística pitagórica dos números, de modo que, teria adotado e ampliado os pontos

de vista místicos de Pitágoras acerca do significado cósmico dos números e das figuras geométricas e neles encontrado exemplos de verdades absolutas, eternas e independentes dos sentidos. Na tensão entre Logos e Eros, Platão preferiu admitir a supremacia de Logos.

Todavia, não se pode comparar a matemática daquela época com a simbolização lógica própria da matemática presente na modernidade. Como herdeira do movimento pitagórico, a primeira estava muito mais próxima de uma numerologia mística do que da lógica simbólica com a qual estamos acostumados.

Aristóteles (384-322, a.C.), embora tenha sido o mais brilhante aluno de Platão e frequentado a academia por vinte anos, discorda de seu antigo mestre em muitas questões fundamentais. Sobretudo, no que diz respeito à anterioridade das ideias frente à realidade. Enquanto Platão considera a realidade revelada pelos sentidos como reflexos de algo que existe no mundo das ideias e, por conseguinte, também na alma humana, Aristóteles defende exatamente o contrário: o que existe na alma humana é, de fato, o reflexo dos objetos da natureza, ou seja, não existe nada na consciência que já não tenha sido experimentado pelos sentidos (CHAUÍ, 2002). No entanto, embora discordando dos dois mundos propostos por Platão e defendendo a *unificação* da ideia com o que ela representa, Aristóteles também vai retroceder e sugerir a existência de dois mundos hierarquicamente separados: o mundo sublunar, das coisas transitórias e dos movimentos imperfeitos ligados diretamente ao homem, e o mundo supralunar destinado às coisas eternas sagradas e profundamente distinto daquele situado abaixo da esfera da Lua (LUCIE, 1978).

Como se sabe, toda a filosofia natural de Aristóteles fundamenta-se em observações orientadas por uma profunda lógica do senso comum que, apoiada no testemunho dos sentidos, lhe garante um grande poder de argumentação e convencimento. Um traço importante da Filosofia Natural aristotélica é a ausência da Matemática em suas construções. Recusando as ideias pitagóricas, não deu quase nenhum conteúdo numérico preciso a suas explicações, concentrando-se basicamente na interpretação conceitual dos fenômenos. De fato, conforme lembra Koyré, “A física aristotélica é essencialmente não matemática e não podemos matematizá-la (...) sem falsear o seu espírito” (1992, p.21).

Retornando à antiga ideia dos quatro elementos propostos por Empédocles, aos quais acrescentou o éter como constituinte dos corpos celestes, e apoiando-se numa concepção de universo hierarquizado, Aristóteles construiu um dos maiores e mais importantes arcabouços filosóficos da história. É justamente este edifício filosófico, adaptado aos dogmas da Igreja Católica por São Tomás de Aquino e aos traços da geometria por Ptolomeu, que será negado e posto como contra ponto no debate que resultará em uma nova síntese: *a ciência moderna*.

A partir dos trabalhos de Ptolomeu⁷ (Século II, d.C.), a cosmologia aristotélica recebe um importante arcabouço matemático alicerçado e fundamentado na geometria eucli-

7 “A Composição Matemática de Cláudio Ptolomeu”, mais conhecida pelo nome de *Almagesto* (o grande tratado), uma verdadeira suma da astronomia antiga, datada de 140 d.C. é uma síntese da astronomia antiga de Eudoxo, Aristarco, Heráclides, Apolônio e Hiparco, acrescentados à obra original do próprio Ptolomeu.

diana⁸. Considerada uma das obras mais complexas do mundo e fugindo quase que totalmente ao entendimento dos não “iniciados” em geometria, o tratado de Ptolomeu, ainda reproduz figuras da realidade que respeitam o testemunho dos sentidos, estando mais próximo do senso comum. Duas outras revoluções interdependentes e que radicalizam o processo são: a algebrização da Geometria, substituindo figuras geométricas “visíveis” por operações puramente mentais e o advento da Revolução Copernicana, configurando um afastamento mais acentuado em relação às observações diretas dos sentidos e da linguagem, do senso comum.

No primeiro caso, a aritmética, antes fundamentada na presença e repetição dos valores exatos dos números, avança para a álgebra⁹ que reconhece, sobretudo, as relações que os mantêm ligados. Com a substituição dos algarismos gregos e romanos por algarismos indo-arábicos, a introdução do zero e dos números negativos, o processo se aperfeiçoa consideravelmente, mas, como afirma Omnés (1998), é só a partir do reconhecimento dos números imaginários¹⁰ que se revela o caráter singular da álgebra, muito para além de uma simples generalização pedagógica da aritmética.

8 Neste caso, considerada a advertência de Koyré de que a física aristotélica é essencialmente não matemática e que não podemos matematizá-la sem falsear o seu espírito, a futura crise do paradigma aristotélico-ptolomaico já é inaugurada durante o processo de sua matematização. Portanto, como sugere Bastos Filho “A dissolução do cosmos grego está estreitamente correlacionada com a geometrização euclidiana do espaço” (2005, p.47).

9 Estamos entendendo por álgebra a parte da matemática que estuda as leis e processos formais de operação com entidades abstratas, generalizando as questões relativas aos números e representando as grandezas por intermédio de letras e símbolos.

10 Número cujo protótipo é a raiz quadrada de -1.

De acordo com Fernandez (2004), o ano de 1250 marca o início da transição de uma percepção *qualitativa* para uma percepção *quantitativa* da realidade. E este processo decorrerá de muitos fatores externos ao contexto científico, tais como: a ascensão do comércio e do estado, o renascimento da erudição, a duplicação da população europeia no intervalo entre os anos 1000 e 1350 e o surgimento dos burgos.

O modelo nascente diferencia-se do antecessor pela crescente quantificação dos fenômenos físicos e pela busca sistemática de precisão associada à utilização da linguagem matemática. Esta nova perspectiva conduzirá, mais tarde, a uma renovação da geometria que, a partir de Descartes e Fermat, poderá ser tratada analiticamente¹¹, possibilitando que muitos problemas geométricos sejam enfrentados como simples cálculos algébricos, em uma nova síntese mais abrangente que unifica a aritmética, a álgebra e a geometria.

Antes da geometria cartesiana, somente criada no século XVII, um cenário de grandes mudanças caracteriza a Europa do século XVI e, mais precisamente no ano de 1543, é apresentado à comunidade científica o “*De revolutionibus orbium coelestium*”, obra do astrônomo polonês Nicolau Copérnico que, dentre outras contribuições, propõe a retirada da Terra do centro do Universo, ideia responsável por uma enorme rachadura nos alicerces da astronomia tradicional e que desencadeará todo um processo que convergirá para a construção da ciência moderna.

11 O princípio fundamental da geometria analítica é a definição de um ponto geométrico por números que o balizam com relação a eixos coordenados, tornando possível a caracterização completa de uma curva através das coordenadas satisfeitas por alguns de seus pontos. A partir de então, muitos problemas de geometria foram reduzidos à álgebra.

Ao colocar a Terra junto às estrelas errantes e em movimento ao redor do Sol, Copérnico deu dois passos decisivos em direções aparentemente opostas. O primeiro no sentido da unificação de um mundo outrora separado em supra e sublunar, incluindo o homem como partícipe das glórias celestes, ao mesmo tempo em que os céus passaram a experimentar o pecado da condição humana¹². O segundo, no caminho do afastamento das evidências do senso comum e do bom senso, para creditar confiança em argumentações de natureza matemática. De fato, como mais tarde reconhecerá Galileu, a maior grandeza de Copérnico residiu em sua capacidade de enxergar além das evidências do senso comum e com o apoio da Matemática e de observações livres das *qualidades secundárias*¹³, apresentar uma proposta *verdadeira* para o sistema do mundo.

Não canso de admirar a eminência dos espíritos daqueles homens que perceberam e aceitaram tal violência a seus próprios sentidos, que sustentaram ser ela verdadeira e, com a vivacidade de seus julgamentos,

12 É importante sublinhar que nesta trama nascente, nem o homem nem o Céu são importantes, mas apenas as leis da natureza que tudo governa.

13 A ideia de uma aquisição do conhecimento em termos de qualidades primárias ou secundárias remonta às antigas escolas atomistas e céticas e reaparece no século XVI e XVII em formas variadas através de pensadores como Vives, Sanchez, Montaigne, Campanella, Kepler e Galileu. Na concepção Galileana, a mais precisamente elaborada, os objetos sensoriais trazem certas qualidades que, manuseadas por regras matemáticas, levam-nos a um conhecimento do objeto verdadeiro, e estas são as qualidades reais ou **primárias**, tais como: o número, a figura, a grandeza, a posição e o movimento, as quais podem ser convenientemente expressas em termos matemáticos. Todas as demais qualidades, sabor, som, cor, tato, odor, prazer ou dor, por vezes muito mais flagrantes aos nossos sentidos, são **secundárias**, efeitos subordinados das qualidades primárias. (BURTT, 1991, p.67).

ofereceram-na ao mundo... Não encontro limites para a minha admiração ante o fato de que tal razão foi capaz, em Aristarco e Copérnico, de cometer tamanha agressão a seus sentidos e, a despeito disso, tornar-se a senhora de sua crença (apud BURTT, 1991, p.64).

É um momento de grande revolução do pensamento e o modelo nascente exigirá toda uma nova visão de mundo com novas perguntas e novos problemas a serem enfrentados. Questões que o próprio Copérnico não conseguirá responder, cabendo, dentre outros, a Bruno, Kepler e Galileu a confirmação e defesa de suas teses.

Enquanto Kepler, baseado no modelo copernicano, formula uma importante relação matemática relacionada aos períodos dos planetas e os raios de suas órbitas, ao mesmo tempo em que propõe uma forma elíptica para suas trajetórias, Galileu constata a existência de um relevo lunar e manchas na superfície do Sol, confirmando as analogias entre os planetas e a Terra e rejeitando definitivamente a hierarquia do cosmo aristotélico.

De fato, como previra Copérnico, o mundo supralunar não era nem mais nem menos “nobre” que o mundo sublunar, e como este, também estava sujeito a mudanças. Portanto, o obstáculo aristotélico, que dava aos corpos celestes um comportamento diferente do comportamento dos corpos terrestres, começava a ruir, e a unificação dos mundos iniciada de forma tímida em 1543, ganha força e confirmação através dos argumentos e da luneta de Galileu.

De acordo com Bastos Filho (2005), além da unificação também se revela aqui um importante traço de redução, principalmente porque, tanto a quantidade etérea quanto as qualidades mundanas, sujeitas a corrupção e a geração, foram ambas reduzidas à geometria.

Mas a contribuição galileana não se limitou ao campo da astronomia. Em suas permanentes investidas contra as concepções aristotélicas, Galileu vai propor uma espécie de falseamento da realidade, reconhecendo que, para estudar a natureza é necessário *reproduzir modelos* mais simplificados, e a partir destes, avançar de um conhecimento mais simples para o mais elaborado. Não podemos, dirá Galileu, partir dos porquês últimos das coisas, visto que é mais útil e seguro investigar *como* ocorrem alguns movimentos, sem necessariamente perguntar sobre suas *causas*; num diálogo com a natureza que deve ser travado a partir de modelos mais simplificados e em linguagem matemática. É o nascimento da cinemática e, para alguns historiadores, de um método característico que, mais tarde, será classificado como a ciência moderna.

Embora Copérnico e Kepler já tenham sugerido algumas relações matemáticas importantes para explicar os fenômenos da natureza, é a partir de Galileu que esta linguagem assume um critério maior de verdade.

Imbuído desse novo método, Galileu, ao estabelecer para a lei de queda dos corpos uma dependência *temporal*, introduziu definitivamente o tempo como quantidade física fundamental ao estudo dos movimentos e deu o primeiro passo na direção do estabelecimento dos processos reversíveis que, mais tarde, possibilitarão a construção de uma mecânica determinista; tarefa que caberá a Newton.

Certamente influenciado por duas das concepções filosóficas mais contundentes de seu tempo, o racionalismo cartesiano e o empirismo baconiano, e pelas questões postas pelo modelo copernicano, Newton (1642-1727) construiu uma ferramenta capaz de atacar as causas do movimento que haviam sido adiadas por Galileu. Além do que, com base na mecânica, pôde propor uma lei de alcance universal: *a lei de gravitação universal* que resolvia a maior parte dos problemas relativos ao movimento dos planetas.

Conforme Bastos Filho:

Esse procedimento constitui, ao mesmo tempo, tanto uma unificação quanto uma redução, pois ambos os fenômenos, - os terrestres e os celestes -, foram tanto unificados em uma só lei como também foram reduzidos a essa mesma lei que é a lei de interação gravitacional de Newton (2005, p.71).

A formulação da mecânica newtoniana fundamenta-se em algumas definições e postulados básicos que revelam muito claramente o seu caráter universal, final e determinístico, integrando-se perfeitamente à concepção de tempo e do ser parmenidiano. Com efeito, de um ponto de vista newtoniano, “a natureza nada faz em vão e seria em vão admitir muitas causas para o que pode ser feito com poucas. A natureza é simples e não se dá ao luxo de se utilizar de causas supérfluas” (LUCIE, 1979 p. 67).

Só depois de estabelecer, com bastante clareza, suas concepções de tempo, espaço e movimento absolutos, curiosamente apresentadas após a oitava definição do Livro

I dos *Principia*, Newton apresenta as três famosas leis do movimento, os “Axiomata sive Leges Motus”¹⁴.

A geometria euclidiana, mais a geometria analítica de Descartes, aliadas ao método das fluxões, possibilitaram a construção de um rigoroso método de generalizações, permitindo a elaboração newtoniana de um novo e coerente sistema do mundo, coroado pela formulação de uma lei de alcance universal e caráter determinístico que, a partir da matéria e do conhecimento das leis de interação, explicava quase toda a realidade física.

Com a poderosa lei de causa e efeito, sustentada na crença de que não se devem admitir outras causas para fenômenos naturais além das verdadeiras e suficientes para explicá-los, juntamente com a ideia de que a natureza prefere sempre as poucas causas, podia-se pensar em um controle total do universo. Sabendo o que acontece num dado momento, poder-se-ia determinar o que aconteceria num instante subsequente e o conhecimento das condições iniciais de posição e momento de todas as partículas num dado instante do universo, poderia prever o seu futuro.

A vitória da ciência era completa e o determinismo assumia o controle de tudo, equacionando todos os problemas humanos de acordo com os princípios de uma

14 1. Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que ele seja forçado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele.

2. A mudança de movimento é proporcional à força motora imprimida e é produzida na direção da linha reta na qual aquela força é imprimida.

3. A toda ação há sempre oposta uma reação igual ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas (NEWTON, 2002, p.53-54).

razão iluminista que identifica o racional ao real, o que se evidencia com muita propriedade na conhecida declaração de Laplace.

Devemos encarar o estado presente do universo como o efeito de seu estado antecedente e como causa de seu estado posterior. Uma inteligência que conhecesse todas as forças que agem na natureza em um preciso instante, bem como conhecesse as posições instantâneas de todas as coisas do universo, estaria apta a englobar em uma só fórmula os movimentos dos grandes corpos assim como o dos mais leves átomos, desde que tal intelecto fosse suficientemente poderoso para submeter todos os dados à análise. Para tal inteligência nada seria incerto, o futuro e o passado lhe estariam expostos... (apud EVANGELISTA, 1999, p.135).

Embora os *Principia* de Newton sintetizassem de forma quase perfeita toda a ciência que os antecederam, como toda nova teoria científica, terá que enfrentar críticas e restrições. Contudo, a partir das primeiras décadas do século XVIII, a resistência à nova teoria é mínima e assiste-se, usando a terminologia de Kuhn, a um “período de ciência normal” em que se verifica uma forte confluência de obras que procuram aprofundar e generalizar o alcance da matemática e da física clássica de bases newtonianas. Entre os nomes de maior destaque, podemos citar, Leibniz, Halley, Euler, d’Alembert, Lagrange, Hamilton, Laplace e Gauss. Os dois últimos, já compondo o quadro dos importantes nomes da física-matemática do século XIX.

Mesmo tendo se tornado o alicerce da estrutura sobre a qual se erguem todas as camadas das ciências físicas e da tecnologia da época, havia ainda fenômenos estranhos na natureza cujas leis propostas por Newton não conseguiam explicar satisfatoriamente. A atração e repulsão elétrica e magnética são apenas dois exemplos de fenômenos que não podiam ser totalmente compreendidos por intermédio da mecânica.

Os fenômenos elétricos, embora conhecidos desde o século sexto antes de Cristo, só no ano de 1600, com o trabalho “Sobre os ímãs, os corpos magnéticos e o grande ímã terrestre”, publicado por William Gilbert (1544-1603), receberam um tratamento razoavelmente sistematizado. Todavia, foram necessários aproximados cem anos, depois da publicação de Gilbert, para que os fenômenos elétricos pudessem ser observados com olhares científicos.

Uma segunda contribuição relevante é feita pelo francês Charles Du Fay (1698 - 1739) que, através de experiências, vai sugerir a existência de dois tipos diferentes de eletricidade: a eletricidade por ele classificada como eletricidade vítrea (os corpos eletrizados positivamente), e a eletricidade resinosa (corpos carregados negativamente).

Bem ao estilo da segunda regra newtoniana para o estudo da ciência natural – Os efeitos de mesma natureza devem ser sempre atribuídos à mesma causa, no que possível for (apud LUCIE, 1979) – Benjamin Franklin, propõe um modelo que unifica as duas espécies de eletricidade proposta por Du Fay em um único fluido. De tal modo que, todo corpo tenha uma quantidade “normal” de eletricidade. Quando um corpo é atritado com outro, parte desta

eletricidade é transferida de um para o outro, um deles ficando com um excesso e o outro com igual deficiência.

Embora conhecidos, os efeitos da força de atração ou repulsão elétrica, ainda não eram mensurados. Novamente, a influência de Newton vem à tona e os físicos da época vão buscar auxílio para o problema na Mecânica, sobretudo, na lei de gravitação universal que explicava muito satisfatoriamente a atração entre massas.

Com efeito, em 1785, Charles Coulomb (1736-1806), físico e engenheiro francês, conseguiu atingir uma precisão satisfatória para a medida da força de atração eletrostática, provando que não apenas as cargas elétricas, mas também os magnetos se atraem ou se repelem com uma força que, de fato, varia precisamente com o quadrado da distância.

Pelo fato de essa relação guardar grandes semelhanças com a lei de gravitação universal, esse episódio confirmou mais uma vitória da mecânica newtoniana que reinava absoluta na época. Contudo, a ligação entre as duas forças ainda andava muito longe de ser óbvia, pois suas intensidades eram muito diferentes e não havia sido detectada nenhuma força gravitacional repulsiva. Contudo, a semelhança do tratamento matemático e o fato de as forças atuarem na mesma direção das cargas eram bastante encorajadoras de uma possível e próxima *unificação* desses dois aspectos aparentemente distintos da natureza.

Por outro lado, os fenômenos relacionados à eletricidade estática estavam sempre condicionados ao armazenamento e às descargas rápidas, como aquelas produzidas por pequenos capacitores e pela garrafa de Leyden. Até então, não se conseguia manter a eletricidade viva por mais que pequenas

frações de segundo. E, por mais irônico que possa parecer, é através das pernas de uma rã que se consegue um dos mais importantes saltos nos domínios da eletricidade.

Luigi Galvani (1737-1798), professor de Anatomia, observou, casualmente, que, quando as pernas de uma rã, que se achava sobre uma placa metálica eram tocadas pelo bisturi, sofriam contrações. Mas, não conseguiu uma explicação satisfatória para tal comportamento. Coube a Alessandro Volta (1745-1827), professor de Física italiano, elaborar uma explicação que se tornou de grande importância na História da Eletricidade. Para ele, quando dois metais diferentes ficam em contato com uma solução ácida, no caso, o tecido do animal, ocorre uma reação química e devido a essa reação, origina-se uma descarga elétrica, causando a contração nas pernas da rã. A partir destas conclusões, Volta construiu a primeira bateria da história da eletricidade e os físicos passaram a dispor de um fluxo contínuo e durável de eletricidade.

Até então, não se conseguia manter a eletricidade viva por mais que pequenas frações de segundo e, mesmo depois da construção das primeiras baterias, o vínculo que unia as cargas elétricas obtidas por atrito às correntes Galvânicas, continuava obscuro. A eletricidade significava apenas os fenômenos eletrostáticos, o galvanismo estudava os efeitos das correntes contínuas produzidos em baterias voltaicas e o magnetismo, referia-se à ciência e estudo dos ímãs, das agulhas magnéticas e do magnetismo terrestre. Os físicos separavam todos esses fenômenos e só depois de várias décadas de pesquisas, chegou-se à conclusão de que a corrente elétrica nada mais era que um deslocamento de fluido

elétrico e que os fenômenos eletrostáticos e galvânicos, aparentemente distintos, poderiam ser unificados como provenientes de uma mesma realidade: a eletricidade.

Em 1837, Michael Faraday (1791-1867) introduziu o conceito de linhas de forças, usando-o para explicar os fenômenos do relâmpago, da eletrostática e da eletroquímica. A princípio não era uma teoria que se recomendasse à comunidade científica, mas, depois de um enorme trabalho experimental, ele pode unificar todos os elementos do estudo sobre a eletricidade, até então dispersos. As correntes voltaicas, a eletricidade das máquinas de fricção e relâmpagos, a eletricidade animal e até a termoeletricidade (a eletricidade produzida pelo aquecimento de dois metais diferentes, em contato), todos tinham mostrado ser a mesma espécie de eletricidade. E o próprio Faraday declarou: “A eletricidade, qualquer que seja, é idêntica em sua natureza” (RONAN, 2001, p. 51). Novamente as regras newtonianas¹⁵ para o estudo da filosofia natural são seguidas.

De certo, cada nova vitória alcançada no caminho da unificação, inspirava novas tentativas e foi assim que, por volta de 1820, cerca de 150 anos após a síntese confirmada pela lei de gravitação universal, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851), então professor extraordinário da Universidade de Copenhague, conseguiu provar,

15 Os efeitos de mesma natureza devem ser sempre atribuídos à mesma causa, no que possível for. Assim (é) a respiração dos animais e a dos homens, a queda de uma pedra na Europa e nas Américas; a luz do fogo que cozinha (os alimentos) e a do sol; a reflexão da luz pela Terra e pelos planetas, (NEWTON, apud LUCIE, 1979, p.67).

experimentalmente¹⁶, que a passagem de corrente elétrica, através de um fio, produzia um campo magnético a ela associado. Era o primeiro passo para unificação entre eletricidade e magnetismo e acreditamos que, direta ou indiretamente, as regras newtonianas tenham influenciado também aqui.

Pouco depois, em 1821 e 1825, André Marie Ampère (1775-1836) explicou os efeitos de correntes sobre ímãs, assim como o efeito oposto, a ação de ímãs sobre correntes e, conhecendo os trabalhos de Ampère e Oersted, Faraday vai conjecturar que, se a eletricidade que corria por um fio produzia efeitos magnéticos, o inverso poderia ser verdadeiro – um efeito magnético deveria produzir uma corrente elétrica. A hipótese de Faraday não demorou a ser confirmada em experimento idealizado por ele mesmo, ficando evidente que, “O que distingue a eletricidade do magnetismo é, portanto, uma questão de ponto de vista – a saber, o fato de a carga elétrica estar em movimento ou não. Esta é a essência da unificação da eletricidade e do magnetismo” (SALAM, 1990, p.15).

Concordamos com Salam que Faraday e Ampère procederam à maior unificação dos tempos modernos quando mostraram para a comunidade científica que eletricidade e magnetismo não passavam de dois aspectos de uma mesma força – a força eletromagnética. Mas os trabalhos de Ampère e Faraday estavam longe de esgotar o assunto e as

16 Diferente de uma descoberta acidental, como sugere alguns autores, por motivos de natureza filosófica, Oersted acreditava que deveria haver uma relação entre a eletricidade e o magnetismo, o que teria motivado o seu interesse experimental em tal relação (RONAN, 2001, p. 49; BEM-DOV, 1996, p.99).

possibilidades surgidas com a nova teoria, ainda iriam conduzir a uma síntese muito mais completa e abrangente.

Cinquenta anos depois, James Clerk Maxwell (1831-1879) mostrou que, se uma carga elétrica fosse acelerada, emitiria energia na forma de radiação eletromagnética. Calculou a velocidade de deslocamento dessas ondas - introduzindo os valores das constantes elétricas e magnéticas e encontrou um valor igual à velocidade da luz. Ao determinar em seguida outras características dessas ondas, constatou que também elas correspondiam às propriedades já conhecidas da luz. A luz era, portanto, uma onda eletromagnética e chegou-se, assim, à *unificação* entre o eletromagnetismo e a óptica. Esta unificação, conforme Bastos Filho (2005), é também uma forma de redução na medida em que eletricidade, magnetismo e ótica foram reduzidos às mesmas leis descritas pelas equações de Maxwell.

Sem dúvida, um grande passo foi alcançado através da síntese eletromagnética. Mas um passo que parecia seguir uma direção contrária à unificação proposta por Newton em sua mecânica. Com efeito, as duas grandes sínteses elaboradas entre os séculos XVII e XIX ainda continuavam separadas por um abismo aparentemente intransponível. No entanto, embora estabelecendo uma séria incompatibilidade com a mecânica, a grande síntese eletromagnética que unificava eletricidade, magnetismo e ótica em uma única teoria, continuou produzindo grandes esperanças nas leis físicas e seu alcance determinístico.

As mesmas equações de Maxwell descrevem tanto a indução elétrica como a refração óptica. Se o nosso objetivo é descrever com a ajuda de uma teoria tudo o que

já aconteceu e pode vir a acontecer, então a união da ótica e da eletricidade é, indubitavelmente, um passo muito grande para frente. Do ponto de vista físico, a única diferença de uma onda eletromagnética simples e uma onda luminosa é o comprimento de onda (EINSTEIN & INFELD, 1988, p.125).

A visão otimista de que a ciência poderá vir a descrever tudo que aconteceu e virá a acontecer, caracteriza uma nova concepção de ciência que, confirmada pela presença de incontestáveis inovações tecnológicas, despreza a filosofia e, de certa forma, afasta-se das antigas bases filosóficas de sustentação do projeto inicial da ciência moderna.

Além de modificar completamente o cenário do século XIX, a ciência moderna receberá o século vinte com a mais clara visão de otimismo e de certeza. Mas, antes que os efeitos dessa grande reviravolta no pensamento viessem a repercutir na prática, era necessário que as bases filosóficas da nova ciência fossem bem compreendidas pelos intelectuais e empreendedores da grande revolução política que se processava àquela época. Nesse sentido, antes de discutirmos as conquistas e promessas da modernidade, é oportuno conhecer as bases filosóficas que deram sustentação inicial àquele projeto.

As bases filosóficas da ciência moderna

Descartes e as regras para a direção do espírito

Certamente os nomes de Descartes e Bacon podem figurar como os principais protagonistas na edificação do que estamos denominando de bases filosóficas da ciência moderna. Se Galileu e Kepler são reconhecidos como os “pais” da ciência moderna, Descartes e Bacon podem ser considerados como os “pais” da filosofia moderna. Ambos eram essencialmente profetas e publicistas e, de acordo com Bernal (1976b), reconheceram as possibilidades do conhecimento e assumiram a difícil tarefa de comunicá-las ao mundo. Embora os seus métodos e as suas conclusões a respeito do conhecimento e de sua construção fossem completamente diferentes, podem ser considerados complementares e fundamentais para uma caracterização perfeita da ciência moderna.

René Descartes (1596-1650) nasceu em La Haye, na França, e ainda na adolescência, dedicou-se completamente aos estudos matemáticos, de modo que, aos 21 anos de idade, já dominava todo o conhecimento relacionado àquela ciência. Influenciado pelas realizações de Galileu e Kepler e com o objetivo de aplicar seus conhecimentos matemáticos, também desenvolveu experiências simples em mecânica hidrostática e óptica. Mas, conforme o seu próprio relato foi na noite de 10 de novembro de 1619, que teve uma experiência extraordinária, somente comparada ao êxtase de iluminação dos místicos. Era como se um “Anjo” da verdade tivesse visitado o seu espírito para

confirmar uma convicção que já ocupava a sua mente: a matemática era a única ciência que permitiria desvendar os mistérios da natureza.

Para Descartes (2002a), não havia tanta perfeição nas obras feitas por vários mestres, como naquelas em que somente um trabalhou. Se as ciências dos livros, pelo menos às que carecem de demonstrações para suas razões são construídas gradativamente a partir das opiniões de diversas pessoas, não deve haver tanta verdade nestas ciências. Haveria, portanto, mais verdade no simples raciocínio de um homem de bom senso do que nas razões daquelas ciências.

De acordo com o filósofo francês, considerando as diversas influências recebidas na infância, desde os próprios apetites até as orientações dos preceptores que, na maioria das vezes, eram contrárias umas as outras, seria impossível que nossos juízos fossem tão puros quanto se tivéssemos sido guiados por nossa própria razão. Por outro lado, assim como os costumes dos homens, as opiniões dos filósofos também eram variadas, de modo que, o melhor proveito, que podia tirar de todas aquelas experiências, era o de ter aprendido a não acreditar muito firmemente em nada do que lhe fora fixado apenas pelo exemplo e pelo costume. Dessa maneira, pouco a pouco vai se libertando de pré-conceitos ou pré-julgamentos que possam interferir em sua razão.

Partindo desta constatação, Descartes procura estabelecer um caminho próprio e muito particular, retirando toda confiança que dera às opiniões que até então acolhera para poder adotar outras melhores ou até as mesmas, desde que forjadas pelo crivo da razão. O propósito de Descartes era reformar os seus próprios pensamentos e edificá-los sobre

uma base construída por ele mesmo. Neste caso, consciente de que não bastava livrar-se das velhas opiniões preconcebidas, mas criar, sobre as ruínas destas, um conhecimento verdadeiro, inicia uma cautelosa e prudente investida na procura do verdadeiro método para a construção de um conhecimento sólido e seguro.

No caminho da realização do seu projeto, três ciências lhe pareceram, a princípio, úteis: a lógica, a geometria e a álgebra. Contudo, ao examinar atentamente cada uma delas, notou que, no caso da lógica, os seus silogismos e a maior parte de suas restantes instruções serviam mais para explicar aos outros as coisas que já se sabem, ou para falar, sem julgamento, das que se ignoram, do que para aprendê-las. No caso da geometria e da álgebra dos modernos, a primeira estava tão ligada à consideração das figuras que acabava por fatigar muito a imaginação, e a segunda transformou-se numa arte confusa que, devido a tantas regras e cifras, embaraçava demasiadamente o espírito (DESCARTES, 2002a).

Foi exatamente por causa dessas falhas que Descartes se viu obrigado a procurar um novo método que, compreendendo as vantagens desses três, fosse isento dos seus defeitos. Para tanto, considerou desnecessária a quantidade de regras estabelecidas nos estudos da lógica, estabelecendo apenas quatro preceitos necessários e fundamentais ao novo método:

O primeiro, consistia em nunca aceitar como verdadeira nenhuma coisa que eu não conhecesse evidentemente como tal, isto é, em evitar, com todo o cuidado a precipitação

e a prevenção, só incluindo nos meus juízos o que se apresentasse de modo tão claro e distinto ao meu espírito, que eu não tivesse ocasião alguma para dele duvidar.

O segundo, em dividir cada uma das dificuldades que devesse examinar em tantas partes quanto possível e necessário para resolvê-las.

O terceiro, em conduzir por ordem os meus pensamentos, iniciando pelos objetos mais simples e mais fáceis de conhecer, para chegar, aos poucos, gradativamente, ao conhecimento dos mais compostos, e supondo também, naturalmente, uma ordem de precedência de uns em relação aos outros.

E o quarto, em fazer, para cada caso, enumerações tão completas e revisões tão gerais, que eu tivesse a certeza de não ter omitido nada (idem, p. 31-32).

Tais preceitos¹⁷ são de suma importância para o entendimento de todo o método cartesiano, pois neles, Descartes propõe quatro atos de nosso entendimento por meio dos quais podemos conhecer as coisas sem temor de erro e sem tomar o falso por verdadeiro. Em primeiro lugar é necessário duvidar sistematicamente de nossos supostos conhecimentos, para não tomar o verdadeiro pelo falso nem o falso por verdadeiro. Trata-se de acautelar-se das

17 Estes quatro preceitos estabelecidos no *Discurso do Método*, já haviam sido propostos por Descartes (2002b) de uma maneira ligeiramente diferente em uma obra incompleta dos finais da segunda década do século XVII: as *Regras para a Direção do Espírito*. Os conteúdos das duas obras serão detalhados e aperfeiçoados por Descartes (2000) nas suas *Meditações Metafísicas*.

tentadoras conclusões precipitadas a que todos estão sujeitos. A segunda orientação é quase uma observação de senso comum. A divisão de um problema em partes menores e mais simples já era bastante utilizada na antiga tradição grega. O terceiro preceito cartesiano sugere uma orientação do pensamento do mais simples para o mais complexo e, em certo sentido, também pode ser considerada uma observação de puro bom senso. A quarta e última orientação se refere ao cuidado com a sistematização das informações. E neste caso, a enumeração e a revisão de cada uma das etapas evitará a omissão de alguma das partes durante o processo de recomposição do todo.

Por ser a Matemática a única ciência em que conseguia encontrar algumas razões certas e evidentes, seria justamente por ela que Descartes deveria iniciar o seu projeto e a aplicação de seus preceitos. Durante alguns meses, dedicou-se a examinar e resolver muitas das questões da álgebra e da geometria e, conforme reconheceu mais tarde, os resultados foram surpreendentemente satisfatórios, sobretudo pela facilidade que proporcionou para a resolução de certas questões até então consideradas de difícil solução.

De acordo com Burt (1991), um dos primeiros frutos colhido por Descartes a partir da aplicação de seu novo método foi a invenção de um instrumento matemático novo, a *geometria analítica*. Uma nova construção matemática que estabelecia a correspondência mútua e exata entre o reino dos números (aritmética e álgebra) e o reino da geometria (o espaço). Conforme o próprio Descartes reconheceu, ele teria tomado de empréstimo toda a melhor parte da álgebra e da análise geométrica para corrigir os defeitos de uma e da outra (Descartes, 2002a).

Com efeito, ao elaborar uma nova forma de tratamento para a geometria, isto é, uma *Geometria Analítica*, que permitia uma correspondência exata entre os números e o espaço representado pelas figuras geométricas, Descartes amplia e radicaliza a já conhecida relação entre estes dois universos para uma correspondência absoluta e definitiva. Portanto, se todas as outras qualidades pudessem ser eliminadas ou reduzidas a estas (números e figuras geométricas), havia a real possibilidade da construção de uma física completamente matemática. Embora não tenha conseguido sucesso completo em seu intento, prevalecendo mais forte uma física cunhada no experimentalismo de Galileu, Boyle e Newton e mais próxima da filosofia empirista de Bacon, Hobbes, Locke e Hume, Descartes certamente abriu o espaço para a futura construção do que hoje chamamos de física teórica.

Radical em sua busca intransigente da verdade, Descartes passa a “rejeitar como absolutamente falso tudo aquilo em que pudesse imaginar a menor dúvida” (Descartes, 2002a, p.41). Como tudo o que recebera até o presente como o mais verdadeiro e seguro o tivera aprendido dos sentidos, seria justamente por estes que começaria o exame de suas velhas crenças. Analisando então os sentidos, percebe que muitas vezes somos por eles enganados no tocante às coisas pouco sensíveis e que por isso devemos nos manter prudentes, sem jamais confiar naqueles que uma vez nos enganaram. No entanto, é por intermédio destes mesmos sentidos que reconhecemos muitas coisas das quais não podemos razoavelmente duvidar.

Se de um lado os sentidos não são confiáveis, de outro, devemos recorrer a eles em busca das necessárias confirmações sensoriais. Qual, então, o verdadeiro lugar das

qualidades secundárias? Descartes vai radicalizar na resposta a essa questão, renunciando definitivamente ao empirismo como método e sugerindo uma realidade fundamentada na conhecida separação entre a *Res Extensa e Res Cogitans*¹⁸.

Mas, logo depois, observei que, enquanto pretendia assim considerar tudo como falso, era forçoso que eu, que pensava, fosse alguma coisa. Percebi, então, que a verdade: *eu penso, logo existo*, era tão firme e tão certa que nem mesmo as mais extravagantes suposições dos céticos poderiam abalá-la (Idem, p.41).

Como se observa, é a partir de uma posição apoiada no ceticismo que Descartes chega a uma certeza de sua existência como um ser que pensa. Mas, finalmente, quem era ele? A resposta é simples e lógica: sou aquilo que duvida. Poderia duvidar de tudo, inclusive do fato de ser um corpo ou de que exista um mundo material onde estaria situado, mas não poderia duvidar de sua própria dúvida e da existência de seu pensamento.

Por aí compreendi que eu era uma substância cuja essência ou natureza consiste exclusivamente no pensar e que, para ser,

18 “existe um mundo de corpos, cuja essência é a extensão; cada corpo é uma parte do espaço, uma grandeza espacial limitada, diferente de todos os demais corpos apenas por diferentes modos de extensão – um mundo geométrico – cognoscível apenas, e inteiramente, em termos de matemática pura [...]. Por outro lado, existe o reino do interior, cuja essência é o pensamento e cujo modo é composto de processos subsidiários, tais como a percepção, a vontade, o sentimento, a imaginação, etc., reino que não é dotado de extensão e que, por sua vez, é independente do outro, pelo menos no que se refere a nosso conhecimento adequado a seu próprio respeito” (BURT, 1991, p.95)

não precisa de nenhum lugar nem depende de nada material. De modo que eu, isto é, alma pela a qual eu sou o que sou é inteiramente distinta do corpo e até mais fácil de conhecer do que este e, mesmo que o corpo não existisse, ela não deixaria de ser o que é (DESCARTES, 2002a, p.41-42).

Coerente com essa visão dualista, Descartes estabelecerá a existência de dois mundos distintos: o mundo dos corpos extensos, apenas compreensível através da matemática e o mundo do pensamento que, não sendo dotado de extensão é completamente independente do primeiro. É justo nessa questão que encontrará um dos mais sérios questionamentos a sua teoria. Como explicar a relação tão íntima entre dois reinos tão estranhamente separados? “Como é que o que não tem extensão pode conhecer um universo dotado de extensão e conhecendo-o, alcançar propósito nele”? (BURTT, 1991, p.96). A primeira saída cartesiana foi o recurso a uma explicação divina. Deus teria feito o mundo material de tal forma que os conceitos matemáticos puros e intuídos pela mente são perfeitamente aplicáveis a ele. Uma segunda explicação pretendia que por intermédio de uma pequeníssima parte do cérebro (glândula pineal), uma substância desprovida de extensão entrava em contato com o reino da extensão.

Evidentemente, estas e outras questões relacionadas ao conhecimento não foram definitivamente solucionadas pelo método cartesiano, mas este fato não diminui em nada os méritos de seu projeto que não se limitou apenas a especulações filosóficas, mas contribuiu em muitas outras

áreas, sobretudo, nos campos da Matemática e da Física, conforme ele mesmo justifica:

Pois essas noções me fizeram ver que é possível chegar a conhecimentos muito úteis para a vida e de achar, em substituição à filosofia especulativa ensinada nas escolas, uma prática pela qual, conhecendo a força e a ação do fogo, da água, do ar, dos astros, do céu e de todos os demais corpos que nos cercam, tão distintamente quanto conhecemos os diversos misteres dos nossos artífices, poderíamos empregá-los igualmente a todos os usos para os quais são próprios, e desse modo nos tornar como que senhores e possuidores da natureza (DESCARTES, 2002a, p.60).

Este trecho talvez seja, de todo o discurso, o mais contundente e o que mais compromete Descartes como um dos precursores da ciência moderna. O “nos tornar como que senhores e possuidores da natureza”, poderia servir de lema para toda ciência posterior e principalmente para a atual.

Bacon e a proposta de um método indutivo

Considerado o primeiro grande filósofo da ciência moderna e um dos primeiros e principais representantes do empirismo¹⁹ inglês, Francis Bacon (1561- 1626),

¹⁹ O conceito de empirismo, como qualquer outro, também enfrenta problemas. Ao referir-se ao que é empírico, concreto, convencionalmente relativo ao que é diretamente observável, não abarcaria alguns fenômenos, considerados empíricos pela ciência moderna e que não são, direta e concretamente observáveis.

embora concorde com Descartes quanto à necessidade de estabelecer um método para ciência, ou mais precisamente a instauração de uma nova ciência (A Instauratio Magna Scientiarum), discorda completamente deste quanto à natureza do método. Conforme escreve Bernal (1976b), o método de Bacon é essencialmente prático e consiste em coligir materiais, executando experiências em grande escala e procurando os resultados na grande massa de provas – um método essencialmente *indutivo*. Na opinião de Bacon (1988), as ciências deveriam passar por uma nova forma de indução, que analisasse a experiência e a reduzisse a elementos e, nesse processo, a missão dos sentidos deveria ser apenas a de julgar a experiência, de modo que, a própria experiência julgaria as coisas.

Não custa lembrar que, no seu Discurso do Método, Descartes sugere um caminho diferente no qual a centralidade do conhecimento é atribuída à razão, preferencialmente uma razão pura e livre dos enganos produzidos pelos sentidos. Enquanto para Bacon, a experiência é o ator principal, no esquema cartesiano, a experiência é um mero ator coadjuvante e auxiliar do pensamento *dedutivo*.

Por outro lado, a indução baconiana, assim como a dedução cartesiana, aponta para a necessidade de uma postura negativa e crítica frente à realidade. Assim como Descartes, Bacon (1988) estabelece a dúvida como princípio fundamental no caminho do conhecimento verdadeiro e sinaliza para a necessidade de alertar a mente contra os *ídolos*, as falsas pistas ou, em sua terminologia, os *fantasmas* que haviam desviado do caminho da verdade os antigos filósofos.

Naturalista convicto, Bacon estava de acordo com Galileu quanto à necessidade de dominar a natureza obrigando-a a fornecer as respostas necessárias através do método experimental indutivo. No entanto, acalentava pouca simpatia pela Matemática e não considerava que o livro da natureza estivesse escrito naquela forma de linguagem como pretendia o físico italiano.

O empirismo naturalista de Hobbes

Outro nome importante na corrente de pensadores empiristas, principalmente, pela oposição ao dualismo Cartesiano é o de Thomas Hobbes (1588-1679). Profundamente impactado pela nova ciência, para ele, ao estabelecer uma distinção fundamental entre os reinos do pensamento e da extensão, Descartes cria um sério problema para sua própria filosofia: não explica satisfatoriamente a íntima relação entre dois reinos completamente distintos. A solução cartesiana de que a mente exercia suas funções a partir de um pequeníssimo lugar da glândula pineal, de onde se difundia por todo o restante do organismo era, na visão de Hobbes, completamente insustentável.

Não podemos conceber qualquer atividade alheia a seu objeto, ou seja, não podemos pensar em um salto alheio aquilo que salta, no conhecimento alheio ao que conhece ou no pensamento alheio ao pensador. E, por conseguinte, parece decorrer disso que aquilo que pensa é algo corpóreo [...] daí que a essência, na medida em que se distingue da existência, não é nada mais que uma união de nomes por meio

do verbo *ser*. E assim, a essência sem a existência é uma ficção de nossas mentes (apud BURTT, 1991, p. 103).

Com efeito, na concepção naturalista de Hobbes, não existe nada fora de nós a não ser corpos em movimento e nada em nosso interior além de movimentos orgânicos. Portanto, o fato de as qualidades secundárias parecerem estar nos corpos tanto quanto as primárias decorre de um conflito de movimentos no organismo: movimentos provenientes de objetos externos e dirigidos para dentro em choque com movimentos vitais que se orientam para fora. Estes últimos, por se dirigirem para fora, aparecem como matéria exterior. E essa aparência própria da imaginação é que comumente se denomina de sentidos.

... quaisquer acidentes ou qualidades que nossos sentidos nos fazem crer existir no mundo não estão nele, mas são apenas aparências e aparições; as coisas que realmente estão no mundo exterior a nós são os movimentos pelos quais essas aparências são causadas. E esta é a grande falsidade dos sentidos, que também pelos sentidos há de ser corrigida (HOBBS apud, BURTT, 1991, p.105).

Semelhante a Bacon, Hobbes também vai atribuir aos sentidos à possibilidade de, através da observação cuidadosa e da experiência, corrigir seus próprios erros e falsidades. Assim como o sentido da visão, quando observamos diretamente, indica-nos que a cor parece estar no objeto, o mesmo sentido nos adverte, quando vemos por reflexão, que a cor não está no objeto.

De certo modo, como reconhece Burt (1991), Hobbes representou uma contratendência à obra de Galileu e de Descartes e, combatendo o dualismo cartesiano tentou trazer o homem de volta ao reino da natureza, como parte do domínio desta. Contudo, por não ter conseguido dar um tratamento matemático adequado à sua obra, foi vencido pela força do movimento contrário que via naquela linguagem a única possibilidade de exatidão.

Locke: uma nova sistematização do empirismo

Fortemente impressionado pela ciência experimental de Boyle e pelo sucesso da mecânica newtoniana, John Locke (1632-1704) é outro nome de destaque no empirismo inglês. Em sua obra principal “Ensaio Acerca do Entendimento Humano” defende a tese de que o conhecimento é fundamentalmente derivado das experiências sensoriais e combate sistematicamente os princípios do inatismo. Em particular, procura demonstrar que os homens, pelo simples uso de suas faculdades naturais, “podem adquirir todo o conhecimento que possuem sem a ajuda de quaisquer impressões inatas e podem alcançar a certeza sem qualquer destas noções ou princípios originais” (LOCKE, 1998 , p. 13).

Na verdade, ao apresentar um estudo metódico e sistemático no “Ensaio Acerca do Entendimento Humano”, Locke acrescenta uma importante contribuição à teoria do conhecimento. Uma obra de fácil compreensão e das mais agradáveis de ler; uma tese extremamente metódica e didática que, de certa forma, sintetiza o pensamento empirista. Dividida em quatro partes, no primeiro, livro afirma que

nem os princípios nem as ideias são inatos. No segundo livro, procede a um estudo sistemático sobre as ideias, classificando-as em simples e complexas para, em seguida, estudar as palavras e a linguagem em sua relação com a percepção, analisando depois, o conhecimento em vários de seus pormenores e enfrentando as mais variadas questões relacionadas ao ato de conhecer. Poderíamos afirmar que para Locke, o conhecimento é uma espécie de abertura ao mundo de forma a poder representá-lo na mente, gerando a linguagem e a razão. Entretanto, ao comparar o seu trabalho com outras produções importantes da época, a exemplo da obra de Newton, assume a humilde tarefa de um “trabalhador inferior que limpa um pouco o terreno e remove parte do entulho que está no caminho do conhecimento” (LOCKE, 1998, p.5).

Hume e o impasse da proposta empirista

Como se sabe, é contra a persistência de concepções medievais escolásticas e o movimento racionalista de inspiração cartesiana, no século XVII, que se levantam os empiristas. E um dos mais importantes representantes desta corrente é, sem dúvida, o escocês David Hume (1711-1776).

Seguindo os passos de Locke, Hume atribui a gênese do conhecimento aos sentidos e à experiência, e nega, de forma ainda mais contundente, toda e qualquer afirmação que pretenda ir além daquelas impressões. Sua tese principal pode ser resumida na seguinte afirmação: “A despeito de sua aparente liberdade, o nosso pensamento

está, na realidade, confinado em limites muito estreitos e todo o poder criativo do espírito se limita apenas à faculdade de compor, transpor, aumentar ou diminuir os materiais fornecidos pelos sentidos e pela experiência” (apud OMNÉS, 1996, p.95).

Em sua obra principal, o “Tratado sobre a Natureza Humana”, Hume sustenta a tese de que toda a atividade do espírito humano limita-se a exploração de fatos e que as próprias leis definidas pela ciência, através do método experimental, são apenas resumos de fatos. Nesse sentido, questiona a aparente obviedade envolvida na relação entre causa e efeito. Para Hume, quando dois eventos se sucedem no tempo com certa persistência, gera-se uma expectativa de ocorrência do segundo sempre que o primeiro se revela. Esta conexão sustentada no hábito da expectativa é tudo o que podemos saber a respeito da causalidade. Tal conclusão põe em dúvida as prerrogativas do método indutivo e do próprio empirismo.

Embora esta afirmação se constitua em uma clara violação ao julgamento do senso comum, mais do que qualquer outro, Hume considera o cotidiano um ponto fundamental para construção de sua filosofia e procura partir da forma original como o homem experimenta a realidade para realizar tal projeto. Além destas questões, também questiona a existência permanente de um “eu” e enfrenta a polêmica em torno do determinismo em seu confronto com o livre arbítrio.

O empirismo radical de Hume vai impressionar Kant, constituindo-se um dos importantes substratos para a sua filosofia crítica. Tanto no que se refere ao problema

da possibilidade de um conhecimento puro e a priori como no enfrentamento de algumas questões de natureza metafísica.

A filosofia Kantiana e os limites da faculdade de conhecer

Nascido na Prússia três anos antes da morte de Newton, Immanuel Kant (1724-1804) sofreu toda a influência da Matemática e da Física que dominaram quase que exclusivamente o cenário das ciências naturais durante os séculos XVIII e XIX. Em sua obra principal, “Crítica da Razão Pura” defende a tese de que existem conhecimentos *a priori* e para além dos dados empíricos. Por conseguinte, a faculdade de conhecer não é dada pelo objeto, mas o objeto é que é regulado pela faculdade de conhecer. Nesses termos, estabelece o seu projeto de trabalho, isto é, investigar a existência de princípios apriorísticos que possibilitariam as sínteses construídas a partir dos dados empíricos. Para Kant (1983, p.23), “Não há dúvida que todo o nosso conhecimento começa com a experiência; do contrário, por meio do que a faculdade de conhecimento deveria ser despertada para o exercício senão através de objetos que toquem nossos sentidos...”. Contudo, embora em termos de tempo, todo conhecimento comece com a experiência, isto não significa que se origina nela. Com efeito, poderia ocorrer que o conhecimento fosse um composto daquilo que recebemos por impressão e daquilo que a nossa própria faculdade de conhecer fornecesse por si mesma. Para Kant, essa era uma questão que, no mínimo, mereceria uma investigação mais cautelosa e, embora reconheça a importância

dos argumentos empiristas, acredita que, “se um juízo é pensado com universalidade rigorosa, isto é, de modo a não lhe permitir nenhuma exceção como possível, então não é derivado da experiência, mas vale absolutamente *a priori*”. Portanto, conclui Kant, “é fácil mostrar que no conhecimento humano realmente há semelhantes juízos necessários e universais no sentido mais rigoroso...” (p.24). Por exemplo, nenhuma imagem de um triângulo alcançaria a universalidade do conceito.

Ao contrário, o esquema de um conceito puro do entendimento é algo que não pode ser levado a nenhuma imagem, mas é somente a síntese pura conforme uma regra da unidade, segundo conceitos em geral que expressa a categoria e é um produto transcendental da capacidade de imaginação que concerne à determinação do sentido interno em geral, segundo condições de sua forma (o tempo) (KANT, 1983, p. 105/106).

Na realidade, são duas as formas que determinam o sentido interno: o *espaço* e o *tempo*, ambos tomados por Kant como formas *a priori* da sensibilidade. Nesse sentido, não é a realidade externa ao sujeito que produz a noção de espaço e de tempo, mas o fato de possuir o espaço e o tempo como estruturas apriorísticas de sua sensibilidade que permite ao sujeito perceber os objetos como relacionados espaço-temporalmente. A filosofia kantiana em sua firme defesa da existência de conhecimentos *a priori* e por uma questão de coerência lógica, deverá conduzir a uma conclusão revolucionária: não é possível conhecer a

realidade em si mesma (*noumenon*), mas apenas os fenômenos frutos da síntese entre as impressões dos sentidos e as faculdades apriorísticas do ato de conhecer.

A partir de Kant, o problema da possibilidade ou não de um conhecimento verdadeiro assume um patamar diferente. Ao introduzir a ideia de uma *coisa em si*, o filósofo alemão estabelece limites à possibilidade cognoscível, fazendo uma distinção entre o mundo dos fenômenos (aparência) e o mundo dos *noumenos* (a realidade em si). Esta última não seria completamente cognoscível, e o conhecimento estaria condicionado a limites *interpretativos* que condicionam a atividade racional do homem como estruturas existentes *a priori* (espaço e tempo absolutos), e desde sempre, na razão humana. Em sua “Crítica da Razão Pura” Kant (1983) defende a tese de que a aquisição do conhecimento depende da percepção, imaginação e entendimento, em uma espécie de aliança entre o pensamento puro e as experiências dos sentidos.

Na verdade, esta é uma discussão filosófica que remonta ao debate entre o idealismo cartesiano e o empirismo de Hume. Nesse confronto, Descartes colocava o pensamento como única possibilidade de enfrentar os equívocos das experiências baseadas nos sentidos e os erros da ciência. De modo que, poder-se-ia duvidar de tudo, inclusive da própria existência do mundo, do corpo e do próprio pensamento. Mas se há dúvida é porque pensamos, e se pensamos, é porque existimos. A razão é para Descartes o principal critério de verdade do discurso científico. Nesse sentido, concordamos com Acanda (2001, p.3) que, ao abandonar a concepção cartesiana de um sujeito autocentrado para fazer

uma reflexão sobre os elementos que condicionam a atividade gnosiológica do indivíduo, Kant realiza uma espécie de “revolução copernicana” na filosofia, convertendo-a a partir de então, em *filosofia crítica*.

Hegel e Marx: a unidade dialética e a ciência na arena da história

Como Kant, Hegel vai construir um sistema filosófico que se constituirá em uma nova reviravolta em torno da questão do conhecimento. A partir de uma formulação mais complexa e radical do idealismo que conduz a uma totalidade única, o *Espírito Absoluto*, discorda de qualquer formulação dualista, principalmente aquela formulação kantiana que introduz um interdito entre a realidade em si (*noumeno*) e o conhecimento que se possa obter dela.

Essa precaução deve até transformar-se na convicção de que toda a tarefa de conquistar para a consciência, por meio do conhecimento, o que é em si é, na sua conceituação mesma, um contra-senso, de que o conhecimento e o absoluto sejam separados por uma nítida linha de fronteira (HEGEL, 1974, p.47).

Com efeito, para Hegel é fatalmente contraditória a afirmação sobre algo que, a priori, se estabeleceu como inacessível ao pensamento, de modo que, tudo o que é, é *cognoscível*, “o real é racional e o racional, é real”, não existindo interdição entre o *ser* e o *pensar*. Não se trata,

porém, de uma eliminação da contradição entre os termos desta construção. Pelo contrário, na dialética proposta por Hegel, se a ideia, a lógica, é a tese, a natureza é a antítese e o *espírito* é uma síntese: unidade *natureza/ideia*. Como sublinha Melo Neto (2001), a cada nova síntese, os momentos anteriores são negados, mas ao mesmo tempo, integrados numa forma superior e o processo segue indefinidamente articulado em uma estrutura do tipo: tese, antítese e síntese, até alcançar a síntese final do *espírito absoluto* postulado por Hegel. Ao dualismo kantiano, Hegel contrapõe a unidade na contradição dialética que não separa sujeito e objeto, natureza e cultura, mas entende a natureza como cultura que ainda não se reconheceu como tal, que ainda não se negou; ainda não se descolou da experiência natural imediata, e a cultura humana como natureza negada e reafirmada em uma nova síntese autoconsciente.

Por outro lado, enquanto Kant compreendia as estruturas que condicionavam a atividade racional do homem como dadas a priori na razão humana, Hegel as interpretou como estruturas históricas que mudavam com a evolução da sociedade e condicionavam, não só a atividade cognoscitiva, mas todas as formas de subjetividade social. Nesse sentido, forneceu as bases para a futura síntese elaborada por Marx que, embora atraído pela lógica da dialética hegeliana, rejeitava a noção de um *espírito absoluto*.

De acordo com Acanda (2001), ao se contrapor ao idealismo absoluto de Hegel, Marx sugere o caráter histórico e social das estruturas condicionadoras da atividade humana, entendendo esta atividade, não só como atividade espiritual, mas como atividade material, como prática, e

colocando a interpretação dialético-materialista da produção no centro de sua teoria. “Estas estruturas sociais que condicionam a atividade humana são, por sua vez, resultado da própria atividade humana. Ao produzir sua vida material, os homens estabelecem entre eles uma rede de relações sociais que condicionam, por sua vez, suas formas de subjetividade” (ACANDA 2001, p.4). Em Marx, a verdade da ciência é colocada na arena da história concreta das relações humanas.

Entre conquistas e promessas: as certezas da ciência na modernidade

Para dar uma ideia mais ou menos clara do grau de certeza e otimismo vivido pela modernidade no final do século XIX e início do século XX, retoma-se aqui algumas das mais celebradas conquistas da ciência neste período, com destaque principal para as aplicações tecnológicas que mudaram o cenário de toda a Europa e dos países por ela influenciados.

Já no primeiro livro dos “Principia” Newton (2002) estabelece os princípios fundamentais da dinâmica e a partir de suas leis, os diferentes tipos de órbitas possíveis de uma partícula que sofre a ação de uma força do tipo da ação gravitacional, demonstrando matematicamente as leis de Kepler. No segundo livro, estuda o movimento de corpos em meios resistentes e o problema relacionado à mecânica dos fluidos, incluindo a propagação de ondas em um fluido. No livro terceiro, “O sistema do Mundo”, aplica a sua lei da Gravitação Universal para analisar o

movimento dos satélites em torno dos planetas e dos planetas ao redor do Sol; calcula ainda as massas dos planetas em termos da massa da Terra e o achatamento dos polos devido a sua rotação.

Como se não bastasse, Newton ainda enfrenta o problema da precessão dos equinócios (oscilação na rotação da terra devido ao achatamento dos polos), as perturbações no movimento da Lua provocadas pela ação do Sol, o fenômeno das marés e o cálculo das órbitas dos cometas. Além de todas essas contribuições apresentadas nos “Principia”, Newton desenvolveu importantes trabalhos nos campos da óptica, da Matemática, da alquimia e da teologia²⁰.

Todo esse desenvolvimento da mecânica, aliado às construções no campo da termodinâmica, possibilitaria um notável aperfeiçoamento das máquinas térmicas, das locomotivas, da balística dos canhões, além de aumentar enormemente a capacidade de navegação. Certamente os progressos nestes campos foram fundamentais para o desenvolvimento da primeira indústria, mas outras poderosas invenções ainda estariam por nascer.

De acordo com Costa e Schwarcz (2000), o caráter global da economia capitalista se consolida no século XIX e o surto inaugural desta economia industrializada teria se baseado em três elementos básicos: ferro, carvão e máquinas a vapor. Mas é a revolução seguinte que agora nos interessa. Uma segunda revolução industrial de bases científico-tecnológicas ocorrida, principalmente, a partir da década de 1870. É a revolução da eletricidade e do

20 A esse respeito ver o artigo “Isaac Newton, as Profecias Bíblicas e a Existência de Deus”. (FARATO, 2006).

eletromagnetismo que, aplicada ao processo produtivo, possibilitará o desenvolvimento de uma nova indústria.

Do nosso ponto de vista, a construção da primeira pilha elétrica, em 1795, (pilha de Volta), constitui-se em um daqueles inventos que abriria enormes perspectivas para investigações futuras. Uma das primeiras consequências diretas da produção de eletricidade contínua, ou seja, de correntes elétricas, foram as experiências de Oersted (em 1820) e de Faraday (em 1831) que resultaram na posterior consolidação do eletromagnetismo.

Os impactos das novas descobertas foram tão grandes que atraíram a curiosidade da coroa britânica e, conforme relato de Sagan (1985), em meados do século XIX, o físico inglês Michael Faraday teria sido visitado pela Rainha Vitória que, em diálogo com o eminente físico experimental, indagou a respeito da utilidade de seus estudos e inventos. A resposta de Faraday teria sido elaborada a partir de uma nova pergunta: “para que servem os bebês?”.

Com base nos trabalhos de Faraday e de seus predecessores, Clerk Maxwell organizou quatro equações matemáticas que pretendiam descrever todo o eletromagnetismo. No entanto, as equações ainda apresentavam uma estranha assimetria e desequilíbrio estético. Para recuperar a simetria e garantir uma melhor estética de suas equações, Maxwell introduziu um termo adicional, a que ele denominou de *corrente de deslocamento*. Embora seu argumento fosse baseado apenas na intuição matemática, sua proposta conduziu a resultados de grandes repercussões práticas. As equações corrigidas implicavam na existência de radiações eletromagnéticas com um alcance que envol-

via desde a luz visível até os raios gama, os raios X, a luz ultravioleta o infravermelho e as ondas de rádio.

De acordo com Rocha (2002), em 1880, a Academia de Berlim teria oferecido um prêmio a quem conseguisse, utilizando apenas meios elétricos, reproduzir as radiações previstas na teoria de Maxwell. A confirmação experimental foi obtida, em 1887, pelo físico alemão Heinrich Hertz que, a partir de um circuito oscilante simples, conseguiu produzir ondas de longo comprimento (0,3m), mais tarde denominadas de ondas hertzianas ou ondas de rádio.

Os impactos das novas descobertas foram de tal monta que, semelhante ao alcance da mecânica newtoniana, alguns cientistas passaram a acreditar que quase nada mais restava a acrescentar sobre a natureza da luz.

Mas antes do coroado triunfo da teoria de Maxwell, confirmada pelas experiências de Hertz, uma aplicação prática dos novos conhecimentos do eletromagnetismo foi, sem dúvida, a invenção do telégrafo pelo retratista norte-americano Samuel Morse que, em 1835, colocou em funcionamento o primeiro telégrafo eletromagnético da história. Baseado em um princípio simples que convertia informações em pulsos elétricos para poder transmiti-las a longas distâncias, o telégrafo seria o precursor direto do telefone, do rádio e da televisão. Além de criar um novo e poderoso veículo de comunicação, Morse elaborou o código que convertia os sinais em letras do alfabeto, codificação que acabou popularizada com o nome de seu inventor: o *código morse*.

A outra grande vedete que se tornou o símbolo maior da modernidade, a lâmpada incandescente, só teria surgido por volta de 1872. Primeiro vieram as iluminações

mediante os arcos voltaicos e, só a partir da invenção dos dínamos e de uma produção mais fácil e barata de corrente elétrica, novas aplicações foram desenvolvidas, sobretudo no sentido de alimentar a iluminação doméstica e comercial. De acordo com Bernal (1976c), lâmpadas incandescentes toscas já haviam sido feitas na Rússia por Lodygin, em 1872, e por Swan, na Inglaterra pouco tempo depois. A contribuição decisiva de Edison teria sido a construção de uma estação geradora com uma rede de cabos de distribuição que possibilitava o fornecimento de eletricidade semelhante à distribuição de água e gás. É só a partir desse complemento suplementar de corrente elétrica que as lâmpadas incandescentes podem ser aperfeiçoadas e barateadas, numa relação mútua entre utilidade prática e economia.

Ainda na rota das inovações técnicas ligadas aos desenvolvimentos do eletromagnetismo, podemos destacar duas invenções que ocasionaram grandes revoluções nos meios sociais: o telefone e o rádio.

Com o desenvolvimento da telegrafia e o crescente interesse pela velocidade da comunicação, era natural que se tentasse o aperfeiçoamento do telégrafo. A ideia parecia simples: se o som poderia ser transmitido através de fios, por que não tentar o mesmo procedimento com a voz humana? O aparelho revolucionário, que conseguia transformar a voz humana em sinais elétricos e ao mesmo tempo converter estes sinais em voz humana, foi criado, em 1876, pelo escocês Alexander G. Bell. Porém, aquela nova invenção seria apenas mais um passo dentro de um processo de grandes inovações que marcaria todo o curso do século XIX. Mesmo porque, o novo interesse pelas comunicações

ainda reservaria enormes surpresas para a confiante sociedade das luzes.

A produção das ondas eletromagnéticas, em 1887, alargaria bastante o caminho para novas e importantes perguntas: por que não pensar na possibilidade de construção de um telégrafo sem fio, evitando assim as enormes despesas com postes e cabos?

A ideia fundamental era uma transmissão de informações através da propagação de ondas eletromagnéticas e o mérito da invenção seria atribuído ao italiano Guglielmo Marconi que, em 1894, seis anos antes do fim do século, conseguiu fazer soar um sino dois andares abaixo de seu laboratório sem utilizar nenhum meio material transmissor. Mais tarde, já na virada do século XIX para o século XX, realiza a incrível façanha de receptar um sinal transmitido da Inglaterra para o Canadá, cobrindo uma distância aproximada de 3.500 quilômetros.

Evidentemente os impactos e transformações ocorridos, na sociedade, a partir da incorporação destas novas tecnologias ao cotidiano das pessoas, foram imensos. Na opinião de Sagan, os trabalhos de laboratório de Faraday acrescidos à física teórica de Maxwell acarretaram, um século mais tarde, uma verdadeira revolução tecnológica em todo o planeta Terra.

A luz elétrica, o telefone, o fonógrafo, o rádio, a televisão, os trens refrigerados que permitem o consumo de produtos frescos longe das fazendas, os marca-passos cardíacos, as usinas hidroelétricas, os alarmas automáticos contra incêndios e os sistemas aspersores de água, os bondes elétricos e os metrô,

os computadores e toda a parafernália de máquinas e dispositivos eletrônicos atualmente disponível no mercado – tudo isso são produtos diretos dos fios, ferros e arames do misterioso laboratório de Faraday e da insatisfação estética de Maxwell... (1985, p.47).

Os triunfos da ciência moderna no curso do século XIX e início do século XX são tão marcantes e numerosos que ampliariam enormemente a relação apresentada por Sagan e certamente consumiríamos todo esse capítulo apenas para citar em linhas gerais os incontáveis desenvolvimentos particularmente restritos ao território da ciência física. Contudo, cabe ainda registrar algumas outras conquistas pertencentes ao universo das Ciências Biológicas e da Química. No primeiro caso, merecem destaque as pesquisas de Pasteur sobre as bactérias (1885); a publicação de “A origem das Espécies” por Charles Darwin (1860); a teoria das células por Schleiden e Schwann (1839); Pasteur e a teoria dos germes (1865). No segundo caso, assiste-se a uma nova manipulação dos gases, ao teste da balança e a confirmação da conservação da matéria, a descoberta do oxigênio, o advento e a derrocada da teoria do Flogisto, o estabelecimento e a organização dos elementos químicos, a lei de Avogrado, os princípios da eletrolise, a teoria atômica de Dalton e muitas outras conquistas que, a exemplo do eletromagnetismo, também conduzirão a uma infinidade de aplicações práticas, que aos poucos irão modificando o cenário da sociedade moderna. Nesse novo modelo de civilização, vão entrando em cena: os processos de pasteurização e esterilização, a anestesia, os adubos artificiais, a penicilina, as comidas enlatadas, as cervejas

engarrafadas, o sabão em pó, os refrigerantes, as escovas de dente, o creme dental e a coca-cola, símbolo particular de um processo global de padronização dos costumes.

Conforme Fernandez (2004), uma característica peculiar da ciência nascente era a exigência de argumentos demonstrativos, tanto teóricos como empírico-experimentais. Nesse caso, diferente da cortina de mistério e obscuridade que envolvia o conhecimento medieval, toda proposição de natureza científica deveria ser publicada. Tal critério possibilitaria a discussão e o controle por parte da comunidade científica e a verdade das proposições não dependeria da visão individual do próprio cientista. É nesta perspectiva, mas, sobretudo, por outros interesses de natureza econômico-social que são instituídas as primeiras sociedades científicas, a exemplo da Royal Society de Londres (1662) e da Académie Royale des Sciences na França (1666). No entanto, as sociedades genéricas que serviram aos séculos XVII e XVIII tornaram-se incapazes de abarcar as especificidades de uma infinidade de novos conhecimentos que exigiam a organização de sociedades particulares para cada disciplina. Começaram a surgir por toda a Europa novas sociedades de Química, de Física, de Astronomia, de Geologia, de Matemática e de muitas outras áreas, conforme o crescimento e organização de seus seguidores.

Por outro lado, a simples comunicação entre os pares não será suficiente e logo surgirá a necessidade de difundir as conquistas da ciência entre os não cientistas. Um exemplo de difusão e estímulo às atividades científicas que, de acordo com Bernal (1976c, p.534), teria sido provocado pelas novas necessidades impostas pela Revolução Industrial, foi a *Encyclopédie des Arts, Sciences et Métiers*. Obra

publicada em vinte e oito volumes e reeditada de 1751 a 1772, a Enciclopédia foi, em grande parte, resultado dos esforços de Diderot e D'Alembert, mas com a imprescindível colaboração de quase todos os sábios da época. No contexto do século XIX, novas e mais intensas iniciativas são desenvolvidas no sentido de comunicar algumas produções e novidades da ciência. As exposições universais, os textos elementares, os museus e muitos outros meios serão utilizados com a finalidade de comunicar os grandes feitos de uma ciência que parecia apresentar as melhores respostas para quase todos os problemas da humanidade.

Como lembra Bernal (1976c), a coerência e unidade do quadro das ciências revelado pelo seu progresso, durante o século XIX, levaram alguns cientistas a pensarem que a ciência logo chegaria ao seu termo. No caso da física, as grandezas, calor, eletricidade, magnetismo e óptica, anteriormente separados, tinham se reunido numa grandiosa e poderosa síntese: o eletromagnetismo. Do outro lado, a mecânica também havia se projetado como uma teoria de alcance universal, para a qual, o universo consistia de partículas e movimentos previsíveis e previsíveis através da manipulação das leis de Newton. Na Química, os elementos estavam quase todos descobertos e na Biologia, a teoria da Darwin apontava para o fato de que a própria evolução era um processo estruturado à base de acasos e disputas. Com efeito, os poucos desvios e algumas lacunas poderiam ser facilmente solucionados em curto período de tempo, preservando a unidade e consistência do modelo.

Essa esperança e otimismo não eram restritos à comunidade científica, mas a grande maioria da população também acalentava grandes expectativas e confiança no

progresso científico impulsionado a partir das conquistas do século XIX e no consequente crescimento do progresso e bem-estar da humanidade. A esse respeito, Costa (2000) apresenta alguns relatos da virada do século que retratam, de maneira muito clara, o otimismo entusiasta da época. Conforme a referida autora, em edição de primeiro de janeiro de 1900, o Jornal *O Estado de São Paulo* publica a seguinte matéria:

[...]. Nenhum veio ao mundo mais apercebido de armas e recursos para ferir com vantagem a luta pela existência. Outrora gastavam-se sessenta e setenta dias numa viagem de Lisboa ao Rio de Janeiro. Hoje transpõe-se essa distância em onze dias. [...] Outrora uma pessoa que estivesse no Japão só se podia comunicar com outra que se achasse na França pelo correio, tão lento como o deslize de um navio de velas, tão tropeço como o chouto de uma mula cansada. Hoje as comunicações fazem-se pelo telégrafo, tão prontas como clarões de relâmpagos. Outrora o som da voz humana extinguia-se a alguns metros do homem que o emitia. Hoje, a eletricidade transmite-a, clara, a léguas e léguas de distância. Outrora, as cidades à noite eram como que desabitadas. A treva enterrava os homens honestos e pacíficos e protegia os ladrões. Hoje é exatamente à noite que as cidades, salpicadas de luzes, oferecem mais seduções (p.57-58).

Como se pode notar, a metáfora do iluminismo encontra realidade na iluminação das cidades e a presença da luz elétrica torna-se um símbolo particular do progresso, ainda

hoje utilizada para identificar a presença deste no chão dos continentes. Não foi sem razão que se destacou como a grande vedete na Exposição Universal de Paris, também conhecida como a festa da eletricidade.

Realizada em 14 de abril de 1900, a *festa eletricidade* abria-se com um palácio monumental, totalmente iluminado por 12 mil lâmpadas e acima, uma gigantesca estrela iluminando o topo do Pavilhão da Eletricidade que, como lembram Costa e Schwartcz, era uma visão emblemática de uma sociedade profundamente marcada pelas inovações tecnológicas. Uma visão que em muito superava o antigo status da magia.

A física e a química – duas fadas – reverdecem com as suas varinhas mágicas o campo mais estéril e esgotado [...] Foi no século XIX que Pasteur nasceu e morreu. A ciência de curar já não anda às tontas, ou amparada na muleta rude do empirismo. Os homens ainda morrem, mas morrem em muito menos quantidade do que morriam. Há doenças, que antigamente não poupavam o doente, e das quais o médico hoje ri e zomba (2000, p.58).

Esta é uma concepção que não se limitará aos tempos do século XIX, mas cruzará a fronteira de todo o século XX e, mesmo depois do fracasso de algumas das mais esperadas promessas da ciência, persistirá até os nossos dias. Um exemplo de otimismo e confiança nas vantagens da ciência que, em muito se compara às declarações apaixonadas do século XIX, são as afirmações de Sagan em sua

conhecida obra “O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro”:

Se você quiser saber quando será o próximo eclipse do Sol, pode procurar mágicos ou místicos, mas terá maior sorte com os cientistas. Eles lhe dirão onde se posicionar na terra, quando terá de estar neste lugar, se vai ser um eclipse total, parcial ou anular. [...] Você pode ir ao feitiçeiro-curandeiro para que ele desfaça o feitiço que causa a sua anemia perniciosa, ou tomar vitamina B12. Se quiser salvar o seu filho da poliomielite, pode rezar ou vacinar. E se quiser saber o sexo da criança antes do nascimento, pode consultar todas as oscilações do chumbo na linha de prumo... mas elas acertarão em média, apenas uma em duas vezes. Se quiser uma precisão real (nesse caso, de 99%), tente amniocentese e ultra-som. Tente a ciência (1996, p. 44).

O próprio título da obra revela uma clara semelhança com a visão iluminista da ciência. Se não é a única, pelo menos, é a melhor forma de iluminar os corredores obscuros criados a partir de muitas tentativas fracassadas nos caminhos tortuosos de compreensão da realidade. No entanto, algumas flutuações marcarão profundamente o cenário do século XX e, na virada para o século XXI, a ciência não será mais vista com o mesmo otimismo e entusiasmo que iluminava a sua entrada triunfante no início do século. O descumprimento de algumas promessas e uma série de crises internas ao próprio modelo da ciência moderna serão fatores decisivos para o desabrochar de uma nova visão de ciência, que deverá marcar o cenário do Século XXI. Assunto que trataremos nos capítulos seguintes.