

N.º CÓPIA 95	Nome Prof: <i>Claudio</i>
N.º TEXTO	<i>Monteiro</i>

ATTICO CHASSOT

Doutor em Educação pela UFRGS
Professor Titular (aposentado) do Instituto de Química (UFRGS)
Professor da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)
Co-editor das Revistas *Episteme* e *Química Nova na Escola*

A CIÊNCIA ATRAVÉS DOS TEMPOS

COLEÇÃO
POLÊMICA

EM
EDITORA
MODERNA



Para Afonso Oscar Chassot (1906-1987), meu pai,
que, mesmo nunca tendo visto seu nome
impresso em um livro ou jornal, muito me ensinou:
a gostar de ouvir notícias,
instrumental importante para conhecer e entender a história,
e
a vibrar com a profissão,
marceneiro hábil que era, trabalhando a madeira com amor.

Para ele, este livro e estes versos,
adaptados da poeta Hannah Szenes (1921-1944):
Bendito o fósforo que ardeu e acendeu a fogueira!
Bendita a labareda que ardeu no âmago do coração!
Bendito o coração que soube parar com honra!



COORDENAÇÃO EDITORIAL

José Carlos de Castro

ASSISTÊNCIA EDITORIAL

Pascual Soto

COORDENAÇÃO DA PREPARAÇÃO

Luiz Vicente Vieira Filho

PREPARAÇÃO DO TEXTO

Valter A. Rodrigues

EDIÇÃO DE ARTE

Giuseppina

CAPA

Foto: "Lavoisier"

© J.-L. Charney/SPL-Stock Photos

PESQUISA ICONOGRÁFICA

Vera Lucia da Silva Barrionuevo

ILUSTRAÇÕES

Marcio Perassollo

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA

Eduardo Camargo do Amaral

DIAGRAMAÇÃO

Ana Maria Onofri

CARTOGRAFIA

Mario Yoshida

REVISÃO CARTOGRÁFICA

Marcello Martinelli (USP)

COORDENAÇÃO DE REVISÃO

Lisabeth Bansi Giatti

COORDENAÇÃO DE PCP

Fernando Dalto Degan

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

Las Gráficas e Editora Ltda

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Classif. Atico 1939 .

A ciência através dos tempos / Atico Chavot
São Paulo : Moderna, 1994. -- (Coleção polêmica)

Bibliografia

I. Ciência 2. Ciência - História I. Título

II. Série

94-1126

CDL-509

Índices para catálogo sistemático:

I. Ciência : História 509

ISBN 85-16-01095-3

Todos os direitos reservados

EDITORA MODERNA LTDA

Rua Pedro de Toledo, 758 - Bela Vista
São Paulo - SP - Brasil - CEP 03403-900
Vendas e Atendimento: TEL. (011) 6090-1500
FAX (011) 6090-1501
www.moderna.com.br
2002

Impressão no Brasil

S U M Á R I O

R O T E I R O D E V I A G E M

- Partindo para uma longa e rápida caminhada 8
[*Pensando um roteiro de viagem, verificando limitações, buscando subsídios e fornecendo indicações.*]
- 1 Marco zero: na aurora do conhecimento 11
[*O fogo, a grande descoberta; a agricultura e suas primeiras ferramentas; as primeiras cidades; de um problema prático, a cobrança de impostos, à matemática; a medicina prepara os elixires; o vidro, os corantes, a cerâmica e a metalurgia*]
Os egípcios, 19; Os mesopotâmios, 22; Os fenícios e os hebreus, 24; A antiga ciência hindu, 25; A antiga ciência chinesa, 26
- 2 Com os gregos o conhecimento se estrutura 28
[*A civilização egéia; os poetas Homero e Hesíodo; o nascimento da filosofia grega e seus grandes nomes*]
A ciência jônica, 32; O pitagorismo, 34; A Escola de Eléia, 35; Os atomistas gregos, 35; Preparando o Período Clássico, 36; Os sofistas, 37; Hipócrates de Quios e Hipócrates de Cós, 37; A escola socrática, 38; As teorias platônicas e aristotélicas, 40; A Grécia perde a independência política, 44
- 3 A ciência helenística e a romana: o começo da era cristã ... 46
[*A migração da cultura grega para o Egito; o helenismo; Alexandria, centro cultural da Antiguidade; os romanos: tecnólogos, arquitetos, juristas; a História natural de Plínio; sistemas de esgotos que duram vinte séculos.*]
A Biblioteca de Alexandria, 47; A Escola de Medicina de Alexandria, 50; A astronomia de Alexandria, 50; Um pouco sobre os romanos, 52

4	Os árabes: plagiadores ou criadores? 56 [<i>Uma olhada no Oriente; a história inicial do islamismo; astronomia, matemática, geografia, biologia, física, medicina e alquímia; os árabes na Europa.</i>] A ciência chinesa. 57; A ciência hindu. 59; Agora os árabes, 61
5	Idade Média: noite de mil anos ou...? 67 [<i>Da desconhecida Alta Idade Média ao reencontro com a civilização grega na Baixa Idade Média.</i>] O cristianismo. 68; Um pouco sobre os mosteiros medievais. 70; As grandes catedrais. 72; As cruzadas, 73; A alquímia cristã e uma releitura mais atual da alquímia, 74; A Baixa Idade Média, 81; A Universidade. 83
6	O Renascimento: uma nova aurora 87 [<i>A Reforma e a liberdade de pensamento; Leonardo da Vinci, pintor, escultor, engenheiro, arquiteto, físico, biólogo, filósofo, proto-cientista, um gênio universal.</i>] A Reforma. 88; O papel e a imprensa. 89; As ciências na Renascença. 90; Leonardo da Vinci. 92
7	Século XVII: nasce a ciência moderna 94 [<i>O trio que fez a grande virada — Copérnico, Galileu e Newton; da mudança na maneira de o homem ver o mundo e a si mesmo até a caça às bruxas.</i>] Um polonês começa a grande virada. 94; A caminhada ocorre com Bruno, Brahe, Kepler. 98; A grande virada: do geocentrismo para o heliocentrismo. 100; Francis Bacon, o criador da ciência experimental. 104; Descartes ou uma maneira ocidental de pensar. 105; Um pouco sobre um dos maiores gênios da ciência. 106; Inquisição e bruxaria. 111
8	Século XVIII: o Século das Luzes 114 [<i>O Iluminismo ou Ilustração, a química tem sua certidão de nascimento, Lavoisier e a França do século XVIII; a ciência e a tecnologia fazem a Revolução Industrial.</i>] O enciclopedismo e os enciclopedistas. 115; Lavoisier e a química moderna. 118; A Revolução Industrial. 126
9	Século XIX: a ciência se consolida 130 [<i>Uma química de síntese: os corantes e os medicamentos; a física da eletricidade da moderna termodinâmica; a biologia e o evolucionismo de Darwin; um construtor de idéias revolucionárias: Marx.</i>] A química: da análise à síntese. 130; A física: a eletricidade muda a maneira de viver. 133; Charles Darwin: a sobrevivência dos mais aptos. 135; Karl Marx: um profeta muito amado e muito odiado. 140

10	A última virada de século: 1900 ± 5 anos 145 [<i>1895, um ano excepcional; a transmutação dos elementos; a história de uma figura genial: Marie Curie; as novas formas de pensar o espaço e o tempo.</i>] Quatro grandes descobertas: raios X, elétron, efeito Zeeman e radioatividade. 148; A transmutação dos elementos. 155; A idéia de quantização. 156; Relatividade: nova forma de pensar espaço e tempo. 158
11	Século XX: a ciência faz maravilhas 161 [<i>O conhecimento da estrutura da matéria amplia os conhecimentos da física, da química, da biologia; uma revolução no auto-conhecimento: Freud, acompanhando a ciência neste século a partir dos prêmios Nobel, a energia nuclear, guerra e paz.</i>] Mais um pouco sobre o átomo. 162; O analista de nosso inconsciente. 168; A ciência do século XX e os prêmios Nobel. 170
12	... e agora, quase século XXI. 176 [<i>Os saberes ainda anônimos; um breve passeio pelo Brasil, a questão da verdade científica.</i>] A ciência dos que não têm história: os saberes populares. 176; E a história da ciência no Brasil?, 178; A ciência não tem a verdade, mas sim verdades. 179
	Glossário 182
	Bibliografia 189

PARTINDO PARA UMA LONGA E RÁPIDA CAMINHADA...

*Admira, meu filho, a sabedoria divina
que fez o rio passar bem perto da cidade!*

Eis um convite audacioso. Olhar de forma panorâmica a história da ciência. Vamos percorrer quase trinta séculos, nestas poucas páginas, quando sobre o mesmo tema existem obras com dezenas de volumes e milhares de páginas.

Assim, antecipadamente, o leitor que aceita o convite para olharmos juntos esta maravilhosa construção da mente humana sabe que, entre outras limitações de nossa caminhada, está a rapidez com que ela se realiza. Consideremos duas viagens que alguém faz à Europa. Na primeira, em trinta dias, visita quinze países. Claro que aproveita muito. Conhece muito. Na segunda viagem, em dois meses, limita-se a conhecer Paris, por exemplo. Aqui, o convite é para fazermos uma viagem como a primeira, uma viagem quase relâmpago, onde há muita coisa para conhecer num espaço muito limitado.

Esperamos que este olhar panorâmico o entusiasme e que voltemos em busca de novas descobertas. Então poderemos entrar mais intensamente em assuntos que agora olharemos apenas de longe. Aceito o convite, vamos pensar em um roteiro.

Como em qualquer viagem, o roteiro é necessário. Claro que ele foi feito considerando as limitações da viagem. Muitas vezes houve o desejo de ficar mais tempo em um dos pontos para se conhecer mais. Mas fica sempre a esperança de poder voltar. Há inclusive algumas sugestões para a realização de paradas para expandir o conhecimento, usando outras fontes de informação.

Quando é necessário um acréscimo de informações, no corpo do trabalho há algumas notas de rodapé que complementam o texto. Há, também, algumas remissões a conceitos, personagens ou fatos, destacados com asterisco no texto, que, no final do livro, podem ser encontradas, em *ordem alfabética*, em um Glossário, com novas e maiores informações. Vá-

rios autores são citados no texto. No final do volume há uma Bibliografia ordenada alfabeticamente e numerada, com os dados completos das obras utilizadas. Quando há transcrição de textos das obras consultadas, ao número da obra segue o número da página onde a citação pode ser encontrada. A Bibliografia inclui também obras que, embora não referidas no corpo do texto, merecem ser consultadas, por ampliarem o conhecimento sobre os assuntos apresentados. É recomendável que o leitor busque essas fontes, e, como muitas delas são de edições nacionais recentes, serão facilmente encontradas com os livreiros.

O Sumário funciona como um guia de viagem. É o nosso roteiro. O critério *tempo* é um de nossos orientadores, o que não significa que quando estivermos falando, por exemplo, dos romanos, no começo da era cristã, não possamos fazer comparações ou analogias com nossos dias. Muitas vezes serão necessários verdadeiros exercícios de imaginação (e aqui é preciso lembrar que "imaginar é fazer imagens") para acompanhar nossa viagem célere através do tempo.

No Sumário, ainda, estão algumas balizas que colocamos para direcionar nossa caminhada. Antes de começar a leitura, uma outra recomendação: assim como, quando viajamos, sempre buscamos informações acessórias (por exemplo, sobre a história, a geografia, a economia, o folclore etc. do país ou da cidade que vamos visitar), para a nossa caminhada, quanto mais informações o leitor buscar na história das religiões, da magia, da filosofia, da arte, enfim, na história da humanidade, tanto mais saboreará nossa viagem.

Um alerta antes de iniciarmos: este livro foi escrito para ser lido por pessoas que queiram fazer sua iniciação na história da ciência. É um texto destinado a uma primeira leitura nessa apaixonante construção, que ainda está incompleta (e que provavelmente nunca será terminada), apesar de começada há tantos milênios.

Conhecer a ciência tem demonstrado ser uma enorme aventura intelectual. Conhecer sua história constitui, muitas vezes, um gostoso *garimpar nos rascunhos* do passado, vendo o quanto cada civilização se desenvolveu até um determinado estágio para poder enfrentar os desafios da natureza. Hoje, da mesma maneira que para os nossos ancestrais, a ciência está sempre presente. A tecnologia envolvida na construção de uma faca de pedra polida foi tão desafiadora quanto a inteligência posta a serviço do desenvolvimento de um supercomputador neste final do século XX.

É muito importante dizer que o meu trabalho, neste livro, foi apenas o de um compilador. Este texto é uma síntese da obra de muitos estudiosos, alguns anônimos, que antes de mim fizeram estudos exaustivos sobre os assuntos reunidos nestas páginas. É necessário destacar, ainda, os atentos pré-leitores que me apontaram novas alternativas na escrita deste texto. Sou particularmente grato a Liba Knijnik, que teve o primeiro contato

com meus manuscritos e apresentou novos caminhos para clarear muitos trechos ininteligíveis; a José Carlos de Castro, da Editora Moderna, que soube sugerir detalhes importantes para lapidar um texto bruto, e ao professor Antonio José R. Valverde, que trouxe excelentes e sábias sugestões que busquei incorporar. Devo ressaltar que a nenhum desses três especialistas e decifradores de hieróglifos podem ser imputados os erros que ainda permanecem no texto.

Merece os maiores reconhecimentos a equipe da Editora Moderna, onde seu competente *maestro*, professor Ricardo Feltre, com harmonia ímpar, conduz competentes profissionais na elaboração de um maravilhoso produto: o livro. A eles, incluindo os meus amigos da filial de Porto Alegre, que vibraram com uma produção local, minha admiração e agradecimento.

Registrados os merecidíssimos agradecimentos, começemos... e obrigado pela companhia! Tenhamos juntos uma muito boa viagem!

1 MARCO ZERO: NA AURORA DO CONHECIMENTO

Foi o trabalho que transformou o macaco em homem!

Naquele tempo...

Assim começam, geralmente, as imponentes narrativas míticas. Poderíamos iniciar nossa história dessa maneira, ou com a forma mais prosaica e tão cheia de recordações de infância que permanece inscrita em nosso imaginário: *Era uma vez...*

... um homem que fez a mais significativa e duradoura das descobertas e invenções humanas: a produção e a conservação do fogo...

Começemos assim... esta pode ser a abertura de qualquer texto que pretenda falar sobre a história da ciência, pois, realmente, há milhares de anos o homem, ou melhor, nosso ancestral primitivo, que na linha evolutiva chegou ao *homo erectus*, já utilizava objetos determinantes para as conquistas tecnológicas posteriores.

Para melhor compreender a origem e a evolução do pensamento e da observação científica, é necessário situar essa evolução no *tempo* da própria humanidade.

A humanidade existe na superfície do globo há mais de um milhão de anos. Temos uma época remotíssima — as *idades glaciais*, em que grande parte da Terra estava coberta por camadas de gelo — da qual se tem algumas esparsas informações, por vestígios de pedaços de pedras lascadas — *líticos* — que foram usados como ferramentas.

Os períodos seguintes — *tempos líticos* — já são determinados por dados mais concretos, dos quais temos informações a partir da localização de diferentes fósseis, da fauna e da flora, e de trabalhos em pedras. Com base nesses elementos são feitas as classificações dos períodos arqueológicos que antecedem a nossa era, sendo que alguns fósseis localizados e datados permitem que se estabeleçam informações bastante valiosas de diferentes períodos.

Esse início de nossa história é mais bem contado por Engels*, filósofo que, no século passado, pres-

tu importante colaboração para o entendimento das mudanças estruturais da sociedade:

"Há muitos milhares de anos, em uma época ainda não estabelecida definitivamente — naquele período de desenvolvimento da Terra que os geólogos denominam terciário, provavelmente no fim desse período —, vivia em algum local da zona tropical — talvez em um extenso continente hoje desaparecido nas profundezas do Oceano Índico — uma raça de macacos antropomórficos extraordinariamente desenvolvidos

"Darwin nos dá uma descrição aproximada desses nossos antepassados. Estavam totalmente cobertos de pêlos, tinham barba, orelhas pontiagudas, viviam em árvores e formavam manadas.

"É de supor, como consequência direta de sua maneira de vida, que as mãos, ao trepar, tinham que desempenhar funções distintas das dos pés. Assim esses macacos foram se acostumando a prescindir delas para caminhar no solo e começaram a adotar mais e mais uma posição ereta. Foi o passo decisivo para a transição do macaco ao homem. (...)

"Seguramente haveriam de passar milhares de anos — que na história da Terra tem menos importância que um segundo na vida de um homem — antes que, na sociedade humana, surgisse aquela manada de macacos que trepavam em árvores. E o que voltamos a encontrar como sinal distintivo entre a manada de macacos e a sociedade humana? Outra vez o trabalho. A manada de macacos se contentava

em devorar os alimentos que determinavam as condições geográficas ou a resistência das manadas vizinhas. Trasladava-se de um lugar para outro e travava lutas para conquistar novas zonas de alimentação; porém era incapaz de extrair destas zonas mais do que a natureza lhe oferecia ()" (12: 107-114).

Um galho de árvore ou um fêmur tornaram-se tanto armas para defesa quanto instrumentos para apanhar um fruto em lugares altos. Pedras se revelaram objetos adequados tanto para serem utilizados como projéteis como para golpear. Gradativamente essas primitivas ferramentas foram sendo melhoradas: quebravam-se as pedras grandes para se obterem pedaços menores e na forma desejada; elas eram talhadas para que tivessem bordos cortantes; afinavam-se ramos, convertendo-os em objetos pontiagudos. Novos materiais passaram a ser utilizados para a confecção de objetos: unhas, garras, chifres, dentes, conchas, fibras vegetais; utilizava-se couro para se fazerem martelos, arcos, agulhas, pentes, peneiras, trituradores, raspadores. Com esse arsenal tecnológico tornava-se possível trabalhar os materiais disponíveis na natureza para a produção de objetos que atendessem às necessidades mais imediatas da vida.

Mas ainda não eram alteradas as propriedades da matéria-prima. As descobertas prosseguiram: por exemplo, a conservação dos alimentos que se deterioravam ou tinham seu sabor alterado, após um certo

tempo, pela adição de outras substâncias. Deve ter sido significativa a descoberta das qualidades do sal não só como conservante dos alimentos, mas também como algo que conferia a estes um melhor sabor. A oportunidade de armazenagem, por exemplo, do produto de uma caçada farta para dias em que não houvesse possibilidade de busca de alimentos deve ter sido memorável. Guardar frutas secas para períodos em que elas não ocorriam ou, ainda, conservar seus sucos, que provavelmente fermentavam, originando um produto azedo, foram outras conquistas que marcaram o início dos avanços nas descobertas do homem.

Os maiores benefícios vieram quando o homem foi capaz de produzir e conservar o fogo. Dominar o fogo deve ter sido uma tarefa muito perigosa e difícil, e usualmente relacionada com seres ou forças sobre-humanas. Muitas civilizações relatam histórias onde o fogo é um patrimônio dos deuses, que o mantêm longe dos homens até que um personagem o rouba e por isso é cruelmente castigado.

Para nós uma das lendas mais próximas é a de Prometeu, semi-deus da mitologia grega, um dos Titãs e irmão de Atlas, que é considerado um dos criadores da humanidade, tendo-a modelado com água e terra. Segundo a mitologia, Prometeu roubou o fogo dos deuses e deu-o aos homens, ensinando-os

também a usá-lo, sendo por isso punido por Zeus. Foi atado a uma rocha, ficando exposto aos ataques de uma águia, que lhe devorava o fígado. A cada ataque, este se regenerava. Depois de trinta anos, ou de trinta séculos, foi libertado por Hércules. Ésquilo, cerca de 465 a.C., escreveu, sobre esse mito, uma das mais lindas tragédias gregas: *Prometeu acorrentado*.

Semelhantemente, muitos outros povos têm lendas sobre a origem do fogo. James G. Frazer escreveu um livro, *Mitos sobre el origen del fuego* (Barcelona, Editorial Alta Fulla, 1986), onde estão descritas dezenas dessas histórias.¹

Muito provavelmente a descoberta que se seguiu ao domínio do fogo foi a da cocção dos alimentos. Assar um espeto ou tostar uma carne não exige instrumentos especializados, porém, para cozer um alimento são necessários utensílios impermeáveis e resistentes ao fogo. Já no final do Paleolítico, com a fabricação de objetos de cerâmica, que serviam para o armazenamento e a cocção de alimentos, o homem realizava a fermentação de sucos vegetais, a curtição de peles e o tingimento de fibras. É muito provável que ele tenha visto, então, na panela onde cozia o seu alimento, uma reprodução de seu estômago, tirando daí conclusões que lhe permitiram alterar os sistemas e dietas alimentares.

¹ Há um excelente filme, *A guerra do fogo*, direção de Jean-Jacques Annaud (França, 1981), disponível em videocassete, no qual uma tribo, que perde uma batalha pela posse do fogo, envia seus guerreiros em busca desse elemento fantástico

Aos poucos o homem foi conhecendo fórmulas práticas de uso comum referentes à cocção, fermentação, curtimento, tingimento e vitrificação, que formam uma primitiva química utilitária e são facilitadoras na transformação de uma substância em outra. O homem primitivo transmitia oralmente esses conhecimentos, ou através de danças rituais. Nestas, o fogo, com o seu simultâneo caráter ambivalente — benéfico e maléfico —, era cultuado com muito particular reverência.

Nas pinturas rupestres anteriores a 20000 a.C. vamos encontrar já indícios de especialização nos afazeres de diversos grupos. Essas pinturas, que representam animais ou cenas de caça, evidenciam a existência de abalizados pintores que dispunham de corantes muito apropriados para suas obras.

Em uma determinada etapa de nossa história, nossos ancestrais, talvez há uns 10 mil anos, deixaram de ser caçadores de animais e colhedores de frutos para se estabelecerem como cultivadores da terra e criadores de animais domésticos. Em vez de, simplesmente, apropriar-se dos animais e dos frutos que encontravam na natureza, passaram a interferir nela.

Encontramos na Bíblia informações sobre, talvez, uma das primeiras disputas de terra — *problema ainda atual* — quando lemos no Gênesis:

"Mas também Lot, que estava com Abrão, tinha rebanhos de ovelhas e manadas e tendas. E a terra não tinha capacidade para poderem habitar juntos, porque os seus bens eram muito grandes, e não podiam viver um com o outro. Daqui nasceu uma contenda entre os pastores e rebanhos de Abrão e os de Lot. (...) Disse pois Abrão a Lot: Peço-te que não haja contendas entre mim e ti, nem entre os meus e os teus pastores, porque somos irmãos. Eis diante de ti todo o pais; rogo que te apartes de mim; se fores para a esquerda, eu tomarei para a direita, se escolheres a direita, eu irei para a esquerda" (Gên., 13, 5-9).

Muito provavelmente a vida sedentária, com agricultura e artesanatos primitivos, começou nas margens dos grandes rios, tanto



Uma divindade assíria fertiliza uma tamareira. Nos primeiros tempos os deuses estavam presentes em todas as atividades dos homens.

nas regiões bíblicas (Mesopotâmia, entre o Tigre e o Eufrates, Egito, às margens do Nilo) como no Oriente: Índia (o Indo) e China (o Hoangô).

A transformação do homem em pastor e agricultor exigiu grandes modificações na sua postura, o que lhe proporcionou um certo domínio sobre a natureza e facilitou-lhe a obtenção de alimentos com uma crescente independência das condições geralmente adversas do meio ambiente. Isso obrigou o homem a tornar-se um singular observador da vida das plantas e dos animais. A descoberta dos diferentes ciclos vitais é um dos primeiros feitos da biologia que iniciava. As relações entre as operações agrícolas e o aumento das colheitas conduziram à elaboração das primeiras teorias, ponto de partida para o surgimento de uma ciência racional.

Com o aperfeiçoamento de técnicas agrícolas, o homem foi capaz de obter de menores extensões de terreno uma maior quantidade de alimentos do que os antes obtidos da caça ou colheita em extensas zonas. A agricultura influenciou grandemente no aperfeiçoamento de outras técnicas, como operações de cavar, semear, ceifar, trilhar, o que passou a exigir a fabricação de novos instrumentos agrícolas, gradativamente incorporados aos que já se usavam no Paleolítico. O armazenamento de grãos e de líquidos passou a exigir a criação de recipientes cerâmicos de maiores tamanhos e, conseqüentemente, o

desenvolvimento de técnicas mais apuradas para a sua fabricação. A disponibilidade de abundantes quantidades de lã, linho e outras fibras determinou a necessidade de criação dos primeiros instrumentos para a fiação e a tecelagem. A construção de casas para abrigo, ao lado das exigências de aperfeiçoamento de ferramentas, mais a busca de diversificados materiais de construção exigiram o conhecimento de operações de aritmética e de geometria.

Já na remota Antigüidade havia noções de anatomia, pois nos mais antigos desenhos encontramos peixes (com indicações das estruturas ósseas e esquemas do tubo digestivo), renas, cavalos, bisontes, rinocerontes e mamutes admiravelmente desenhados e perfeitamente identificáveis. Os moluscos foram importantes como alimento e as conchas, aproveitadas como objetos de uso doméstico, material de adorno e base para os sistemas de medidas utilizados no estabelecimento dos critérios de troca de diferentes produtos.

O estudo das plantas fez parte dos primeiros conhecimentos do homem, pois este necessitava selecionar raízes, caules, folhas, frutos e sementes destinados à alimentação, vestuário e construção. Imaginemos os problemas de seleção de raízes não-tóxicas para a alimentação tanto animal como humana.

O arroz já era cultivado na China 5 mil anos antes de nossa era. A cevada, o linho e o trigo

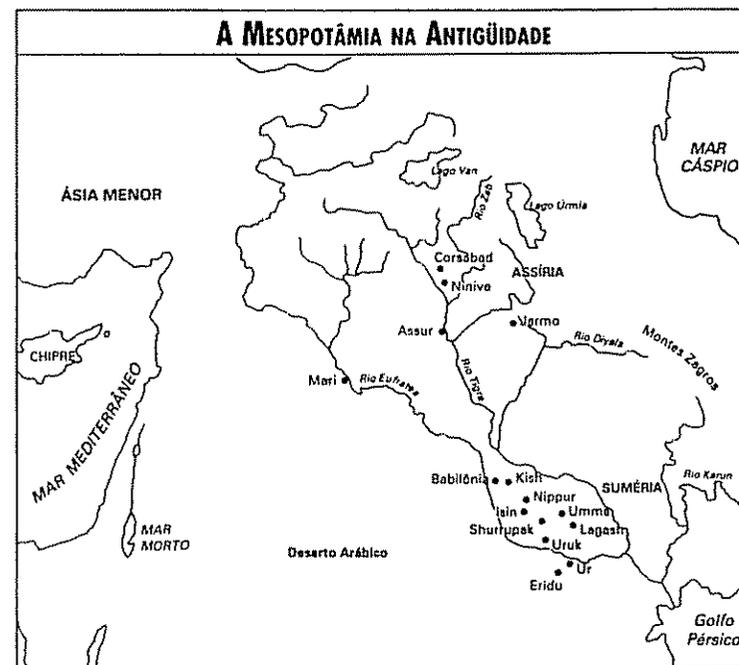
também foram culturas desenvolvidas em tempos remotos. Há notícias inclusive de práticas de fecundação artificial e multiplicação por estacas de tamareiras há mais de 6 mil anos. Para aumentar a produção, a agricultura exigia irrigação; inicialmente esta foi natural, mas com o maior domínio da natureza o homem começou a fazê-la, represando artificialmente rios e construindo redes de canais para a distribuição de água. A aldeia, até então unidade econômica e cultural independente, perdeu sua autonomia, pois tornou-se necessária, em várias situações, a contribuição de muitas aldeias para produções coletivas.

Há informações sobre práticas de tratamento de doenças, pois foram encontrados crânios trepanados e cicatrizados, o que indica cirurgias realizadas em homens vivos. Na América, achados idênticos indicam que entre os homens pré-colombianos havia hábeis cirurgiões. Ao fazer referência a civilizações na América, é preciso acrescentar que os primeiros dados da civilização maia datam do século III a C., quando se iniciava a maior e mais florescente civilização do Novo Mundo, que durou até o século IX d C.

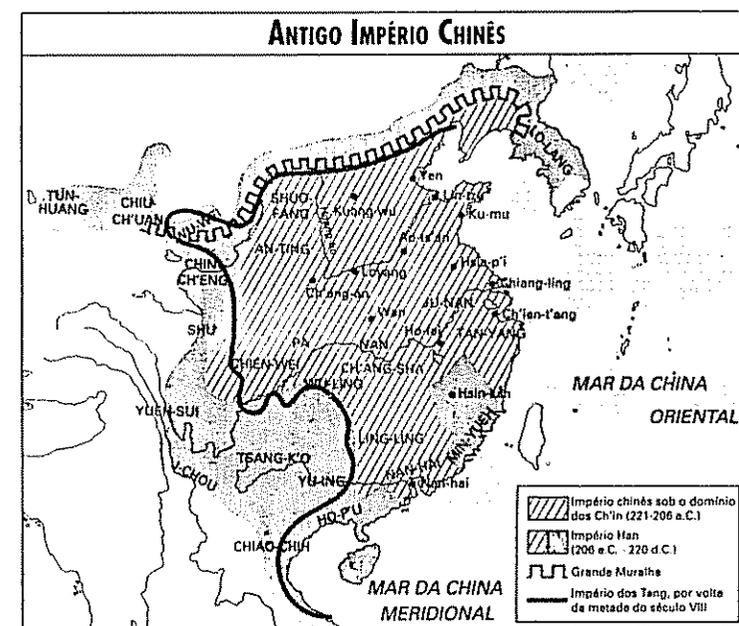
Por volta de 4000 a C. o homem usava metais. A princípio utilizava o ouro e o cobre, por serem esses metais encontrados livres na natureza, apenas no fabrico de objetos de adorno. A disponibilidade de cobre aumentou muito quando foi descoberto que se podia obtê-

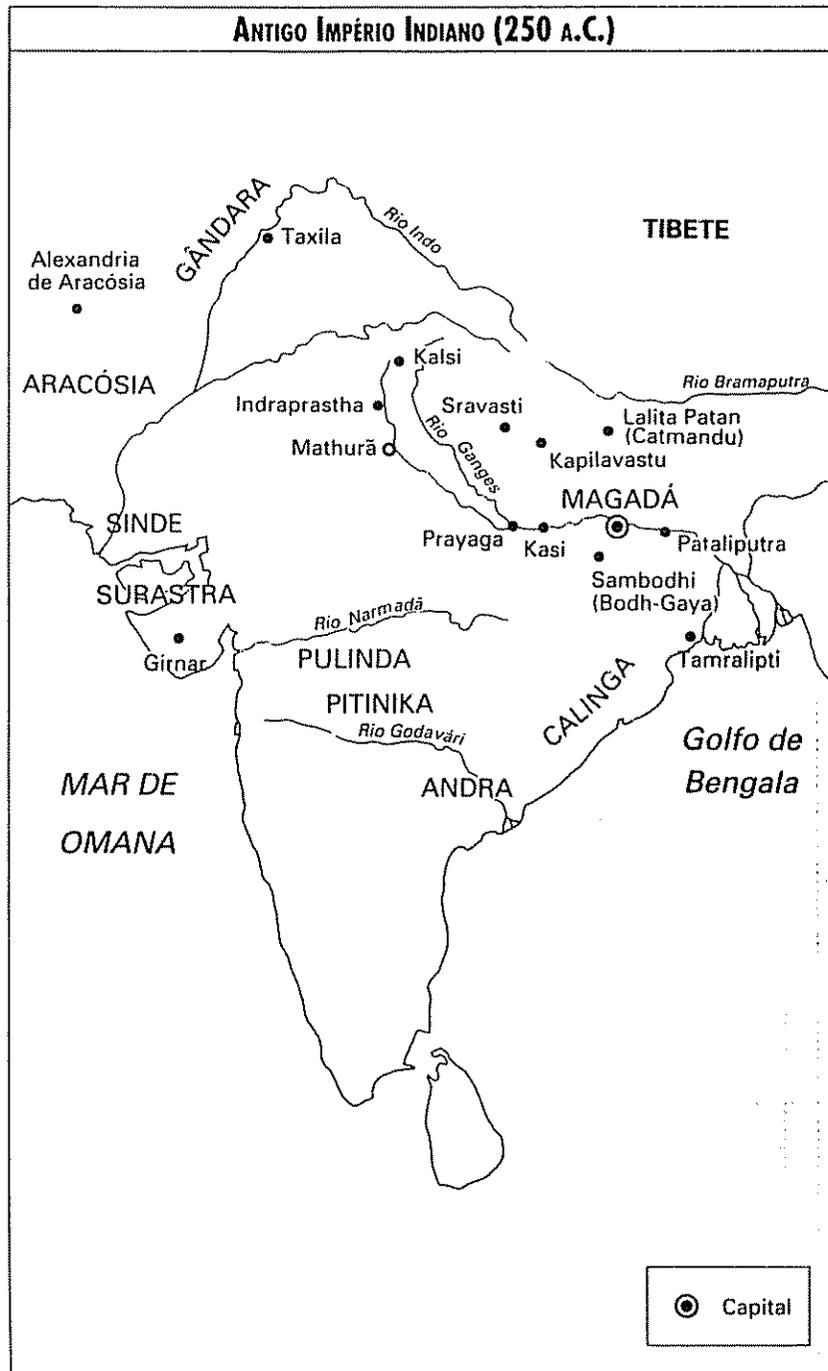
lo, sem muita dificuldade, a partir do aquecimento de pedras azuladas. Foi talvez um acontecimento acidental que deu origem à metalurgia, quando o homem surpreendeu-se ao ver bolas brilhantes de cobre, ao fazer fogo em um terreno onde havia malaquita ou azurita (minérios de cobre). O preparo de ligas metálicas como o bronze, quando se buscavam composições diferentes para o estanho e o cobre que conferissem à nova mistura propriedades que nenhum dos dois metais puros possuía, foi uma das mais sofisticadas descobertas do homem quando começou a usar os metais.

Além dessas informações esparsas e generalizadas sobre o fazer ciência daqueles que foram os nossos ancestrais pré-históricos, para encerrar este capítulo vamos comentar, separadamente, as ciências antigas em seis civilizações: egípcia, mesopotâmica, fenícia, hebraica, indiana e chinesa. Esta seleção deve-se ao fato de as duas primeiras terem feito as ciências mais antigas que conhecemos, desaparecendo quase totalmente nos últimos séculos antes de nossa era; as ciências da Fenícia e de Israel, embora menos brilhantes que as duas anteriores, tiveram importância direta sobre as diversas civilizações do Mediterrâneo, particularmente sobre a Grécia; as ciências da Índia e da China, apesar de menos antigas que as do Oriente Próximo, parecem ser totalmente independentes quanto à origem e ao desenvolvimento.



Fonte: Olavo Leonel Ferreira, *Mesopotâmia — o amanhecer da civilização*, São Paulo, Moderna, p. 8



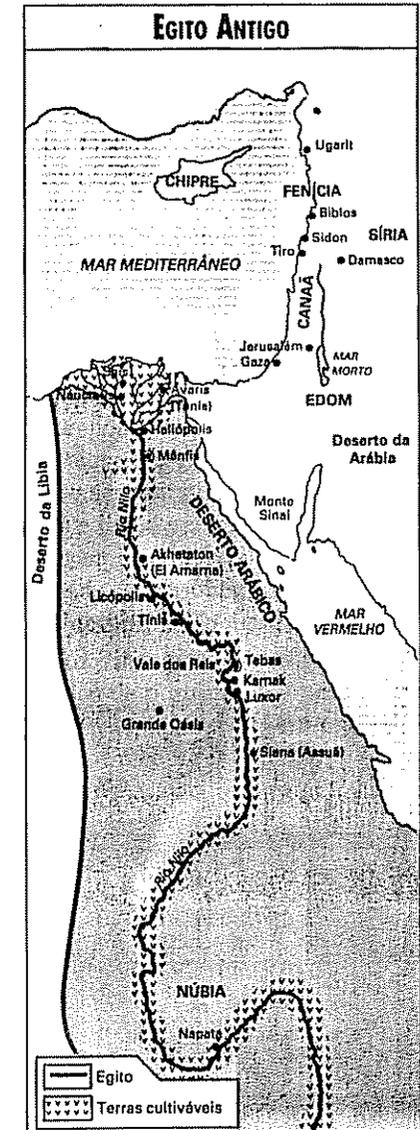


Fonte: José Jobson de A. Arruda, *Atlas histórico básico*. São Paulo, Ática, p. 6

Os Egípcios

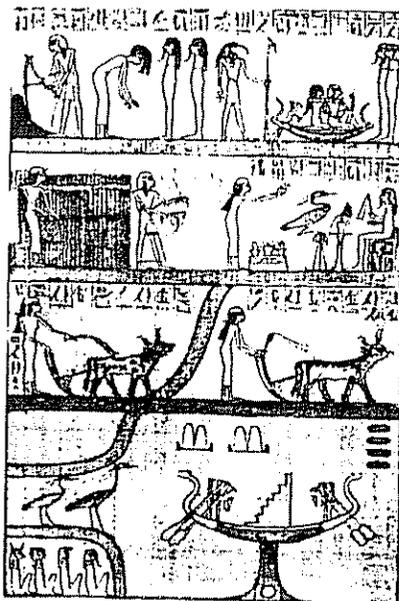
Já ao final do Período Neolítico (ou da Pedra Polida), o Egito era um Estado organizado, centrado no Rio Nilo. Limitada ao norte pelo Mediterrâneo e com ambientes hostis nas demais fronteiras, a civilização egípcia teve características insulares, formando um universo independente, com seus deuses, sua língua, sua escrita hieroglífica e sua maneira particular de viver (35).

Apesar do isolamento, característica fundamental do Egito anti-



go, originou-se ali uma civilização magnífica que era olhada com inveja pelos vizinhos. Os desertos que o cercavam impediam que agricultores e escribas, que constituíam sua pacífica população, fossem molestados pelos vizinhos (35).

A frase de Heródoto*, "o Egito é um presente do Nilo", além de ser a síntese da economia do país, reflete a significativa contribuição desse rio para o estabelecimento de um conhecimento aplicado na agricultura. A inundação anual do Nilo, que ocorria normalmente em julho, era fundamental para toda a vida no Egito. Um sistema bem-organizado de irrigação para aproveitar as cheias, que ensinavam, às vezes, até três colheitas anuais, exigia conhecimentos para garantir adequado emprego do solo, correto manejo do gado e conveniente armazenamento de safras. A terra era hostil e árida, os métodos agrícolas eram primitivos e conservadores, mas havia uma elevada produção hortigranjeira (35).



Papiro, que está no British Museum em Londres, em que estão representadas cenas da agricultura e da vida do antigo Egito

O Nilo está também na origem da cosmologia religiosa dos egípcios. Os seres vivos teriam surgido em uma colina que emergira de uma *inundação original* — uma evocação direta das cheias do Nilo. Os poderes divinos eram, em sua maioria, amigos e dispostos a lhes ajudar, guiando-os na vida, na morte e no outro mundo. Com um clima mais homogêneo, com as enchentes muito regulares do rio, este se tornava fonte de toda fertilidade e parecia um amigo leal, constante e digno de confiança, e símbolo dos poderes sobrenaturais.

O Egito foi unificado no quarto milênio antes de Cristo e, com exceção de dois períodos de instabilidade, manteve-se como um reino único por mais de 2 mil anos. Ao olharmos as constantes alterações dos mapas políticos, nos dias atuais, deve-nos impressionar uma estabilidade política tão duradoura.

Os soberanos eram os faraós, que, apesar de despóticos, eram representados com ideais de responsabilidade em relação ao povo: seu objetivo seria garantir aos seus súditos uma vida feliz, governando-os com leis apresentadas como justas.

A civilização egípcia atingiu um nível elevado, se comparada com civilizações da mesma época. O transporte foi facilitado com o desenvolvimento da roda raiada e do barco à vela; o comércio foi aprimorado com o uso de balanças com pesos; o vestuário tornou-se mais prático com o surgimento do tear. A aritmética tinha um nível elevado e os egípcios contavam se-

guindo uma numeração decimal. Havia profissionais dedicados à agrimensura, que ensinou um grande desenvolvimento da geometria e da álgebra. Há no British Museum, em Londres, muitos papiros (entre os quais o famoso papiro de Rhind), que constituem provas documentais do avanço da matemática egípcia.

Os primeiros estudiosos da civilização do Vale do Nilo não tiveram acesso aos conhecimentos médicos egípcios, nem mesmo através dos escritores gregos. Foi só no final do século passado que os egiptólogos* puderam conhecer o grande avanço da medicina egípcia, a partir da descoberta de cerca de uma dezena de papiros. Nesses encontram-se relatos de anatomia, de detalhadas práticas cirúrgicas, receitas de pomadas e de colírios e até de práticas para prognosticar o sexo de uma criança, como esta:

"Modo de saber se uma mulher dará à luz ou não: [Colocarás] cevada e trigo [em dois sacos de pano] que todos os dias a mulher molhará com sua urina; e também tâmaras e areia nos dois sacos. Se (a cevada e o trigo) germinarem, ela dará à luz. Se a cevada germinar (em primeiro lugar), será um menino; se o trigo germinar (em primeiro lugar), será uma menina. Se (nem um nem outro) germinar, ela não dará à luz" (40, vol. 1: 73)

Também de um dos papiros referidos anteriormente foi extraído este prognóstico sobre a esterilidade das mulheres, que aliás era um dado importante para se definir seu *valor*

para o casamento. Esta prática foi reproduzida por Hipócrates, de quem trataremos no capítulo 2, em seu *Tratado sobre mulheres estêreis*:

"[Modo de distinguir uma mulher que dará à luz] de uma que não dará à luz: farás com que um dente de alho umedecido [com...] permaneça durante toda a noite, até a aurora, em sua vagina. Se o cheiro de alho passar para a boca, ela dará à luz. Se [não passar] ela nunca dará à luz" (40, vol. 1: 74).

Há papiros que dão detalhadas explicações sobre o parto, inclusive quando este era difícil. Um baixo-relevo detalha cenas do nascimento; outro apresenta as sucessivas fases do nascimento de trigêmeos. Há também descrição de processos de purificação da parturiente e recomendações de cuidados com os recém-nascidos.

Os astrônomos egípcios identificaram inúmeras constelações, mas fizeram da astronomia algo prático e não-especulativo. Assim, não estavam preocupados com a teoria a respeito do Sol e da Lua, mas estudavam-nos como base para a marcação do tempo. As constelações eram identificadas com as divindades de sua mitologia, porém não há, como para a matemática e a medicina, papiros que forneçam informações mais precisas. Entre os diferentes calendários, havia um em que o ano tinha a duração de 365 e 1/4 dias.

A ausência de madeiras, que precisavam importar da Líbia ou da Síria, fez dos egípcios hábeis corta-

dores de pedras (o Vale do Nilo era uma imensa pedreira), excelentes escultores e reputados artífices em metais, principalmente nos trabalhos em ouro, empregado em utensílios religiosos e nas cortes, e também na confecção de jóias requintadas.

A mais atual associação que fazemos aos egípcios são as pirâmides. Dessas monumentais construções, algumas são ainda verdadeiros enigmas para a moderna engenharia, principalmente sua orientação exata, com as faces voltadas para os quatro pontos cardeais, o que teria exigido um método que desafia os mais precisos hoje usados. A pirâmide de Quéops tem, por exemplo, mais de 2,3 milhões de blocos de pedras calcárias, cada uma pesando até 2,5 toneladas. Devemos imaginar não só as sofisticadas técnicas de construção empregadas, como também a habilidade administrativa de gerir um enorme batalhão de mais de 100 mil operários. Um grande feito foi sem dúvida manter essa imensa força de trabalho livre da disenteria, do cólera e do tifo nos campos de trabalho, sem os modernos métodos de higiene. Algumas pesquisas (35) indicam que esse controle devia-se a uma dieta que incluía rabanete, alho e cebola, inibidores naturais das bactérias causadoras dessas moléstias.

OS MESOPOTÂMIOS

Diferentemente do Egito, a Mesopotâmia, a "terra entre dois rios" (Tigre e Eufrates), não foi o lo-

cal de um só país nem de um só povo. Já no Neolítico, a região começou a ser progressivamente ocupada por povos nômades, que no processo de adaptação às enchentes dos dois rios iniciaram a construção de barragens e canais. Surgiram já nesse período algumas casas permanentes, com vários cômodos, e templos. No quinto milênio a.C., houve culturas pré-históricas marcadas pela produção de cerâmicas pintadas.

Entre o quarto e o terceiro milênio a.C., a região passou a ser habitada pelos sumérios. Eles construíram as primeiras cidades de que se tem registro, das quais a mais importante foi Ururk (Ur). Cada uma dessas cidades tinha um rei, que exercia o comando do exército e detinha o poder sacerdotal. Um chefe, portanto, ao mesmo tempo político, militar e religioso.

A invenção da escrita, uma das criações mais importantes da cultura humana e vital para o desenvolvimento da ciência abstrata, é creditada a esse povo. Para contabilizar os bens do Estado, foi criado, por volta de 3500 a.C., um sistema de sinais em forma de cunha, com diferentes inclinações. A esse sistema deu-se o nome de *escrita cuneiforme*. Da mesma forma que a hieroglífica dos egípcios, essa escrita era silábica, isto é, cada sinal representava uma sílaba. A escrita alfabética, que utilizamos até hoje, surgiu posteriormente, entre os povos da costa fenícia.

Outras civilizações importantes tiveram períodos de esplendor na Mesopotâmia: os acadianos, com o

lendário rei Sargão I, que embelezou Ur; os babilônios, com o famoso Hamurabi; os amoritas, com Nabucodonosor, que fundou uma importante dinastia. Todas essas diferentes culturas deixaram contribuições importantes para a medicina, a biologia, a astronomia, a geografia. Além disso, esses povos tinham um comércio importante e desenvolveram sistemas de pesos e medidas, particularmente o sexagesimal, significativo para os avanços da aritmética, pela facilidade da divisão de 60 por 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20 e 30, situação que não ocorre com outros números como o 10 e o 100.

Há referências de que, no terceiro milênio a.C., os babilônios dispunham de plaquetas com tabelas de multiplicar, de quadrados e de cubos. A geometria já era muito desenvolvida nesse período e ligada às necessidades da vida diária, como a agrimensura, a planificação de cidades e o traçado de mapas. Datam também desse período plaquetas com problemas de álgebra envolvendo equações do 1º e 2º grau. Uma dessas plaquetas contém 22 problemas, todos referentes à determinação do peso de uma pedra.

Nessa época começaram, também na Babilônia, as medidas sistemáticas do tempo. O conhecimento das estações, em 4000 a.C., foi fundamental para o desenvolvimento da agricultura. O ano babilônico, em 2000 a.C., tinha 360 dias, divididos em doze meses. Relógios solares assinalavam a passagem do tempo e o dia já era dividido em horas, minutos e segundos.

Os babilônios observaram o movimento aparente do Sol e dos planetas entre as estrelas fixas e nomearam os sete dias da semana com os nomes do Sol, da Lua e dos outros cinco planetas conhecidos (Júpiter, Vênus, Marte, Mercúrio e Saturno). Também traçaram a trajetória percorrida pelo Sol, dividindo-a em doze partes e associando-as a animais míticos. Foi dessa divisão que surgiram os signos do zodíaco.

Esse povo representava o universo como uma caixa fechada, cujo fundo era a Terra. Observações de muitos fenômenos astronômicos, como eclipses do Sol e da Lua e as posições de Vênus, estão registradas em plaquetas de barro. Com essas observações os astrólogos babilônicos tiveram muito sucesso na interpretação de sonhos e na prática de realizar previsões.

É provável que nessa região, por volta do terceiro milênio a.C., o ferro já tenha sido trabalhado. O ferro originado dos meteoritos foi usado antes de o homem aprender a reduzir os minérios de ferro terrestres. Seu primeiro emprego foi na construção de armas e instrumentos agrícolas.

A medicina mesopotâmica associou a astrologia e a magia com os conhecimentos científicos de plantas para o preparo de remédios. Identificavam e tratavam doenças como a hidropisia, a febre, a lepra, a sarna, a hérnia, assim como problemas de pele e de cabelo, garganta, pulmões e estômago.

Devemos destacar que os povos que viveram na "terra entre

dois rios² deixaram uma ciência prática, sem a preocupação de fundamentar metafísica ou teologicamente os fatos.

Os Fenícios e os Hebreus

Já no terceiro milênio a C., a região situada entre a Mesopotâmia e o Egito, incluindo principalmente a costa fenícia e a Palestina, assistiu ao

"florescimento de uma civilização relativamente homogênea e não despida de originalidade, à qual a arqueologia moderna deu o nome de civilização 'cananéia'. Esse nome foi extraído da Bíblia, que chama de 'Canaã' a região onde se fixaram os hebreus, isto é, a Palestina. Em vários textos o termo 'Canaã' tem uma expansão mais ampla: designa tanto a Fenícia como também uma parte da Síria. A civilização cananéia que se desenvolveu manteve-se por cerca de 3 mil anos e sofreu múltiplas influências no decorrer dos tempos: as civilizações egípcia, mesopotâmica, egéia, hitita nela se refletem de diversos modos; ela adquiriu matizes diferentes entre os vários povos que a adotaram" (40).

Devemos creditar aos fenícios a primeira escrita alfabética — uma das mais geniais criações da humanidade —, que apresenta uma redução dos sinais gráficos para apenas trinta letras, o que é muito significativo se considerarmos as centenas de símbolos das escritas silábicas cuneiforme e hieroglífica. Essa escri-

ta, cujas duas primeiras letras são *alef e bet* — daí o nome *alfabeto* —, foi transmitida pelos fenícios aos gregos e, através destes, ao mundo inteiro, exceto à China.

Aqui é preciso esclarecer que a escrita, na maioria das civilizações — no próximo capítulo, quando falarmos dos gregos, os destacaremos como exceção —, foi privilégio da classe dominante. Essa é uma das razões pelas quais não há escritos teóricos sobre as manipulações ou tratamento de materiais feitos por camponeses, artesãos, metalurgistas ou operários. A causa dessa ausência foi a divisão social do trabalho. A escrita, estando nas mãos da classe dirigente, destinava-se somente às questões ligadas à administração do Estado ou aos cultos religiosos. As ciências relacionadas com as técnicas de produção, exercidas pela classe social iletrada, foram transmitidas oralmente. Seu conhecimento foi considerado uma arte, adquirindo caráter secreto, guardado por associações de diferentes artesãos. O aparecimento e o aperfeiçoamento de diferentes técnicas conduziram à divisão do trabalho e à especialização de indivíduos em ofícios diferentes.

Os fenícios foram grandes comerciantes e navegadores, tendo fundado colônias no norte da África e na Espanha. Isso exigiu-lhes aperfeiçoamentos muito grandes nas técnicas de construção naval: seus barcos apresentavam requintes de construção, principalmente no que se referia a vedações e impermeabilizações. No sistema numeral

e no calendário, receberam influências de seus vizinhos mesopotâmios. Na medicina merece referência um tratado de *hipiatria*, isto é, tratamento dos cavalos.

Sobre a ciência hebraica as referências são quase que exclusivamente da Bíblia, porque os hebreus escreviam em pergaminhos, que dificilmente se conservaram, contrariamente aos egípcios e mesopotâmios, que nos legaram sua tradição em plaquetas de barro ou metal.

Em Israel encontramos dois sistemas de numeração: o decimal, derivado da prática de contar nos dedos, e o sexagesimal, originário da Babilônia. Desde que os hebreus se instalaram na Palestina, a língua usada foi o hebraico, que é um dialeto cananeu. A Bíblia está escrita em hebraico, havendo, também, partes em aramaico, outro idioma semítico muito difundido. A escrita é alfabética, aprendida diretamente dos fenícios.

O calendário judaico baseia-se, ainda hoje², no ciclo lunar. Como as doze lunações perfazem 354 dias, para se adaptar ao ano solar esse calendário tem número de dias variável.

Os hebreus não deixaram nenhum tratado médico, mas na Bíblia, principalmente no livro do Levítico, há muitas normas de higiene. Diferentemente de outros povos, sua religião era monoteísta, daí

a crença na magia não estar presente em sua cultura. Mas a Bíblia, no Eclesiastes, fala do médico em termos elogiosos e recomenda prudentemente ao enfermo a reconquista dos favores de Deus pelo reconhecimento de suas faltas e, ao mesmo tempo, faz apelo à ciência e à arte do médico.

A ANTIGA CIÊNCIA HINDU

No começo do terceiro milênio a.C., existiu uma florescente cultura no vale do Rio Indo, com as mais ricas e mais imponentes cidades da época, como Taxila (ou Taksasila), que superava, por exemplo, Babilônia. Cidades reconstituídas em Harapa, Mohenjodaro e outros lugares mostram surpreendentes trabalhos de urbanismo, com notáveis sistemas de esgoto e de piscinas, comprovando elevado estágio de higiene pública. As inscrições encontradas são ainda indecifráveis e pouco se sabe sobre os conhecimentos científicos de que dispunham os hindus.

São desse período os Vedas, conjunto das escrituras sagradas de várias religiões da Índia, principalmente do vedismo, do bramanismo e do hinduísmo, até o momento a mais antiga literatura indo-européia conhecida. Os Vedas foram transmitidos a princípio pela tradi-

² Por exemplo, em 1994, o calendário judaico registra o ano 5755, pois os judeus não consideram, como no calendário gregoriano, o nascimento de Cristo como o ano 1. Também as comemorações do ano novo judeu são variáveis a cada ano, em geral no mês de setembro do nosso calendário.

ção oral, e depois registrados em sânscrito arcaico. O sânscrito é chamado de "o latim da Índia", pois era ao mesmo tempo uma língua de cultura e de relação, dispersando-se por todo o território hindu, em diversos dialetos. O sânscrito é ainda usado em todas as áreas de influência cultural da Índia no exterior. Os textos sagrados dos Vedas constituem imensa literatura e são a base dos ritos, das crenças e da organização da sociedade hindu. São dezenas de livros que contêm poemas, hinos, orações, fórmulas mágicas, mitos e lendas. Os adeptos do hinduísmo acreditam que suas páginas tenham sido ditadas por Brahma.

No primeiro milênio a.C. surge o nome de Buda (560-480 a.C.), que se destaca ao propor uma filosofia moral, difundida também em sânscrito. Buda fundava seu sistema sobre o amor e o conhecimento e no respeito à razão e à verdade.

A filosofia budista, entre outros interesses, buscou explicações para problemas científicos. Formulou uma teoria atômica primitiva, na qual estendeu ao tempo a idéia de descontinuidade, tendo talvez influenciado os atomistas gregos.

Há informações de que a aritmética hindu, que se usava no século III a.C., tinha um sistema de numeração do qual derivou o que usamos hoje com a denominação equivocada de "numeração arábica". É muito provável que os árabes tenham assimilado esse sistema dos gregos, que o teriam recebido, por sua vez, dos hindus.

A ANTIGA CIÊNCIA CHINESA

No vale de um grande rio, o Hoangô, ou Rio Amarelo, desde o terceiro milênio a.C. se desenvolveu uma civilização agrícola neolítica. Os utensílios de cerâmica pintada encontrados indicam conexões com outras civilizações asiáticas. Assim começou a civilização chinesa, que, em função das características geográficas da região, foi desde o início muito mais dedicada à agricultura do que à criação de rebanhos. Há informações da existência de imperadores míticos, fundadores de dinastias e construtores de grandes capitais já desde épocas pré-históricas. A escrita chinesa foi inventada no século XIV a.C., sendo os fatos e os feitos registrados pelos escribas reais. São dessa época os vasos de bronze, que revelam a técnica avançada dos artífices chineses. Alguns séculos depois, registra-se o desenvolvimento de novas técnicas metalúrgicas, com o uso do ferro para a fabricação de arados.

Sábios e eruditos formaram escolas políticas, buscando intervir na solução de conflitos sociais e nas guerras. Duas merecem destaque: a de Mo Ti, que pretendia instituir a paz universal por meio de uma ativa propaganda de amor ao próximo e de uma organização militar a serviço da segurança pública; a dos Legistas, que só concebiam a paz pela conquista militar e mediante a centralização em um único governo, que imporá suas leis pela força. Entre as escolas não-interven-

cionistas, inspiradas nas práticas da agricultura, merece destaque a de K'ong K'ieu, cujo nome latinizado, Confúcio, nos é mais familiar.

Confúcio foi um teórico do modo de produção asiática. Segundo ele, não havendo conhecimento, a vontade é impotente; o essencial é conhecer o homem, o homem em sociedade. Outra escola, a dos taoístas, considerava o homem na sua singularidade. Propunham estudar o *tao* de cada coisa, o seu modo, a sua maneira de ser.

Essas escolas influenciaram a cultura que se formava, e, como a produção agrícola era predominante e não eram praticados a navegação e o comércio com povos vizinhos, não houve na China o desenvolvimento de uma produção mercantil e da escravidão, como ocorreu no Ocidente.

A matemática desse período era bastante desenvolvida e havia instrumentos para realizar cálculos, que deram origem aos que hoje conhecemos com o nome de "ábacos".

Nessa época havia astrônomos, relojoeiros e astrólogos a serviço do governo. Há registro de eclipses da Lua em 1361 a.C. e do Sol em 1216 a.C. Desde os primeiros textos o calendário já está dividido em 365 e 1/4 dias. Há catálo-

gos que fazem referência a 1.464 estrelas, agrupadas em 284 constelações, sendo cada estrela numerada e localizada em coordenadas.

Nos fragmentos dos sermões de Mo Ti há rudimentos de mecânica e óptica, onde são definidos a *duração*, o *instante sem duração*, o *contato* e a *continuidade*. São conhecidas as explicações a partir do dualismo *yin* (escuro, frio, úmido, feminino, ímpar...) e *yang* (luminoso, quente, seco, masculino, par...), que será muito importante para explicar tantos dualismos da ciência moderna, como, por exemplo, a teoria ácido-base ou a da matéria=anti-matéria.

Essa teoria era empregada na medicina chinesa para explicar as causas das enfermidades, que compreendiam seis "excessos": o *frio* e o *calor*, o *vento* e a *chuva*, a *luz* e a *escuridão*.

Os chineses cultivavam um grande número de plantas, e sua farmacopéia descrevia os produtos úteis, inúteis ou prejudiciais dos três reinos. Na mais antiga obra a respeito, encontra-se uma relação de mais de trezentas plantas e 46 substâncias minerais. Há vagas informações sobre transformações de metais e sobre a influência dos ventos sobre os mesmos.

* * *

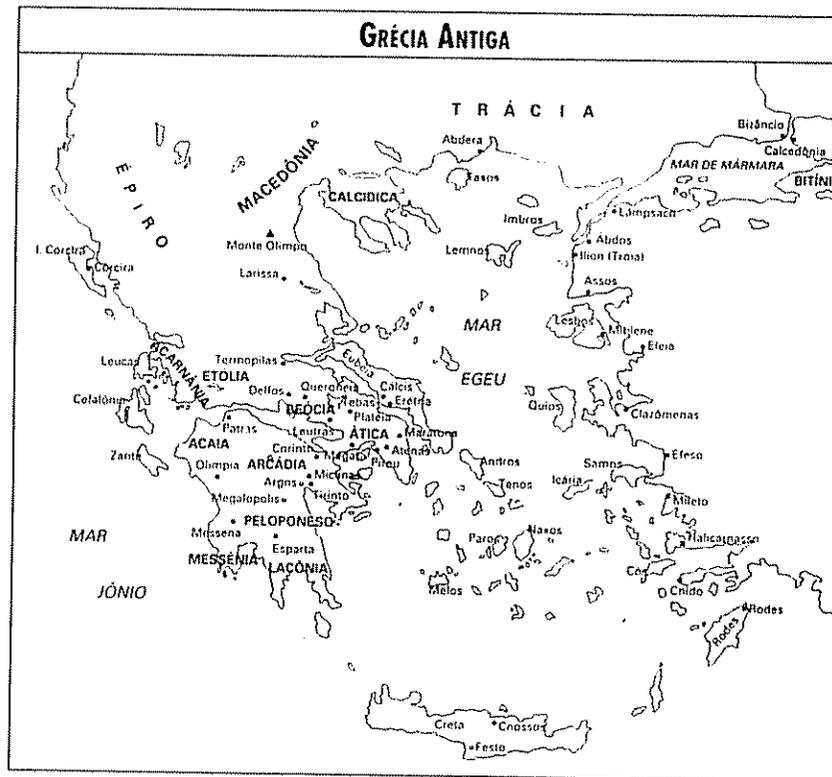
Este primeiro capítulo, em que procuramos buscar nossas origens, pretendeu mostrar como se iniciou a construção do conhecimento. No próximo capítulo vamos encontrar os gregos, que, podemos dizer, lavraram a certidão de nascimento da ciência que queremos conhecer...

2 COM OS GREGOS O CONHECIMENTO SE ESTRUTURA

Os gregos... pode-se afirmar que ensinaram o homem ocidental a pensar...

Nenhum povo da Antigüidade influenciou tão decisivamente nossa civilização ocidental como os gregos. Eles reúnem características que os distinguem singularmente dos demais povos cuja cultura se

desenvolveu antes do início da era cristã. Vamos olhar um pouco para esse povo, que, diferentemente dos que conhecemos no capítulo anterior, não se estabeleceu às margens de um grande rio



A Grécia de hoje, que coincide aproximadamente com a Hélade dos antigos, é predominantemente montanhosa, árida e rochosa. Há uma *região continental*, onde se destaca o maciço do Olimpo, com o pico de mesmo nome (com 2.917 m); uma *região peninsular*, o Peloponeso, ligada ao continente pelo istmo de Corinto; e uma *região insular*, formada por mais de 2 mil ilhas agrupadas em três arquipélagos, além das ilhas de Creta (a maior de todas, com 8.336 km²), Lesbos, Quios e Samos. Os gregos diziam que seu mar pontilhado de ilhas era o espelho do céu, pois 2 mil é aproximadamente o número de estrelas visíveis a olho nu.

Nenhuma outra região do mundo apresenta uma costa tão extensa em relação à superfície: 1 km de costa para cada 10 km² de área. Isso nos permite entender por que, ainda hoje, a marinha mercante grega é a terceira do mundo, e por que, no período que vamos estudar, a navegação e o comércio marítimo foram tão importantes. Essa geografia fez com que os gregos dependessem muito da pesca (devido às extensões costeiras) e de uma agricultura de pequenas propriedades familiares (já que o território é muito insular), onde cultivavam, principalmente, uvas e azeitonas. A economia se completava com um agressivo comércio exterior, atra-

vés de um organizado sistema de transportes marítimos.

Diferentemente dos egípcios e dos babilônios, cuja visão do mundo natural estava condicionada aos livros sagrados e às explicações que eram fornecidas pelos sacerdotes, e que mantinham o povo dentro de uma certa ortodoxia, os gregos não tinham livros sagrados¹ e seus deuses participavam das fraquezas e das paixões humanas. Assim, puderam fazer uma seleção crítica dos elementos culturais que tomaram de seus vizinhos mais antigos e daqueles que invadiam seu território.

Quatro fatores propiciaram a origem e o desenvolvimento da ciência e da cultura grega:

a) uma grande curiosidade intelectual, que os levou a absorver conhecimentos e técnicas de outras culturas mais complexas;

b) a ausência de uma organização administrativo-religiosa que impusesse pautas rígidas de comportamento e conduta;

c) o pequeno tamanho das cidades-Estados, que facilitava a participação ativa de todos os cidadãos nos assuntos públicos, e sua proximidade física com as técnicas de produção; e

d) sua tendência à reflexão e seu afeiçoamento à argumentação e à dialética, que os impelia a contrastar as idéias de cada um com as idéias dos demais" (1: 27).

¹ Mesmo admitindo a não-existência de livros sagrados, veremos que Hesíodo, na sua *Teogonia*, racionalizou os mitos, contando como os deuses, que inicialmente eram monstruosos, tornaram-se "imagem e semelhança" dos homens, morando no Olimpo e comendo néctar e ambrosia.

Deve-se ressaltar que, mesmo que se considerem válidos os fatores citados, não há "um gênio grego" que desencadeou toda essa maneira de pensar. O surgimento de um pensamento racional (que se entende como filosofia) foi decorrência de diversos entrelaçamentos econômicos, culturais, sociais e históricos. A fixação da escrita, e com ela o estabelecimento de leis escritas, a criação da moeda cunhada com a efígie do rei, a divisão dos poderes civil, militar e religioso etc. fizeram com que a filosofia fosse chamada para resolver o caos da cidade (pólis) e do cidadão.

Analisemos então, um pouco, a história que levou esse povo a prestar, em tempos remotos, tão importante legado à ciência moderna. Usualmente se divide essa história em *períodos remotos e idades próximas*.

Temos poucas informações sobre os *períodos remotos*, quase todas de natureza arqueológica, dos quais podemos destacar:

• *Idade Paleolítica e Mesolítica* (700000 a 7000 a.C.) — o homem primitivo habita a região e já é capaz de produzir e manter o fogo.

• *Idade Neolítica* (5000 a 2500 a.C.) — nos férteis vales da Macedônia registram-se traços da presença de primitivos agricultores.

• *Idade do Bronze* (2800 a 1000 a.C.) — chegada dos primeiros indo-europeus à Grécia, levando o cobre e a arte de fundi-lo. Florescem civilizações nas Cíclades, na

Ilha de Creta e na parte continental, que ficaram conhecidas, respectivamente, como civilizações cicládica, minóica e heládica ou helênica. Esse período é subdividido em:

— *período heládico inicial* (2800 a 2000 a.C.) — surgem centros com desenvolvimento cultural e tecnológico no continente e nas Cíclades;

— *médio período heládico* (2000 a 1580 a.C.) — define-se o primeiro falar grego; lindos palácios são construídos em Cnossos, Phaestos e Mália, com a dominação de Creta sobre as Cíclades;

— *último período heládico* (1580 a 1100 a.C.) — a civilização minóica chega ao apogeu; a erupção de um vulcão na Ilha de Thera em torno de 1450 a.C. devasta Cnossos e os principais centros minoanos.

Nas chamadas *idades próximas* podemos sintetizar quase 1.500 anos de história da Grécia:

• *Período Geométrico* (1100 a 700 a.C.) — os dóricos ganham supremacia com suas armas de ferro e inicia-se o comércio com os povos vizinhos.

• *Período do Arcadismo* (700 a 500 a.C.) — as cidades-Estados se desenvolvem, mantendo a uniformidade da vida social, política e religiosa.

• *Período Clássico* (500 a 323 a.C.) — ocorrem memoráveis batalhas (Maratona, Salamina); nesse período se consagra o pensamento grego, com influências nas Armas, no comércio e nas artes.

• *Período Helenístico* (323 a 146 a.C.) — a civilização grega se espalha além de suas fronteiras e o grande império se parte em pequenos reinos. Os romanos, neste período, fazem seu primeiro aparecimento na Grécia.

• *Período Romano* (146 a.C. a 300 d.C.) — os romanos conquistam a Grécia e a transformam em uma província, a Acaia, local de excelência para o aperfeiçoamento, pelos romanos, de suas elites culturais.

As primeiras informações escritas sobre os gregos, ainda de um tempo anterior ao que vamos olhar mais detidamente, as devemos a dois poetas: Homero e Hesíodo.

Não se sabe se Homero realmente existiu, ou se é um nome genérico de poetas épicos gregos, personalizados pela tradição em uma única pessoa. As duas obras atribuídas a Homero são a *Iliada* e a *Odisseia*. Os chamados "tempos homéricos" vão do século XII ao VII a.C. Esses poetas percorriam o mundo mediterrâneo recitando seus poemas. Nos poemas homéricos são cantados os heróis de uma raça conquistadora que acabara com a tirania da magia primitiva, criando um amistoso ambiente nas relações entre os deuses e os homens. Os deuses eram sempre aliados dos homens nas vitórias e nas derrotas bélicas e partidários nas disputas políticas. Não havia um Deus que criara o homem à sua imagem e semelhança, mas deuses criados pelos homens com as suas qualidades e seus defei-

tos. Com os versos de Homero temos o retrato de um povo, talvez apenas presumível, dotado de um sentido de beleza, de uma confiança alegre na vida, de um afeto e de uma cordialidade que o denotam como valoroso, cortês, vigoroso, generoso e conquistador; um povo de qualidades intelectuais extraordinárias, vivendo em cidades fortificadas, nas quais um bom número de escravos proporcionava uma vida fácil e ócio abundante para o cultivo da literatura, da ciência e das artes.

Os poemas de Homero desfrutaram de imensa popularidade na Antigüidade e serviram de base para o ensino, sendo tomados como padrão ético e estético e exemplos para muitos outros poetas épicos gregos e latinos, inclusive nos tempos modernos.

Hesíodo, que viveu na primeira metade do século VIII a.C., comparado pelos gregos a Homero, é considerado o pai da poesia didática e um inspirador de gerações de poetas, pois na sua época ainda não se conhecia a escrita e suas obras se mantiveram por tradição oral. No seu *Os trabalhos e os dias* temos um dos mais detalhados documentos sobre as técnicas agrícolas e as práticas rurais do Período do Arcadismo. Atribui-se também a ele a *Teogonia* e o *Escudo de Hércules*. De seus escritos podemos aprender que a função principal da religião grega consistia em interpretar a natureza e seus processos em termos inteligíveis, isto é, *fazer com que o homem se sentisse no mundo como em sua casa*.

Para o propósito dos estudos deste capítulo, que é conhecer um pouco da construção da ciência pelos gregos, vamos reservar nossos comentários aos últimos seis séculos antes de Cristo, pois é neles que vamos localizar o que de mais significativo ocorreu, considerando nossos objetivos. Quando falarmos dos romanos também comentaremos as contribuições dos gregos nos primeiros séculos de nossa era.

É preciso recordar que, mesmo que se deseje conhecer, aqui, um pouco da ciência dos gregos, esta não é (e não pode ser) dissociada da filosofia², com a qual se estrutura de maneira conjunta. Esta tentativa de conhecer a ciência dos gregos pode ser esquematizada em alguns passos que marcam a filosofia que eles produziram para explicar o mundo visível nos últimos séculos que antecedem a nossa era:

Século VI a.C. — surgem três escolas: da Jônia, de Pitágoras e de Eléia

Século V a.C. — dominado pelos atomistas. Dois grandes nomes preparam o Período Clássico:

Anaxágoras e Empédocles. Os sofistas. Hipócrates de Quios e Hipócrates de Cós. Sócrates e a escola socrática.

Século IV a.C. — Platão e Aristóteles

Século III a.C. — a Grécia perde a hegemonia política e cultural

Em cada um desses grandes momentos da construção da maneira de pensar dos gregos vamos buscar a presença da *episteme*, termo grego que significa “ciência”, em oposição à *doxa*, que significa “opinião”, e à *techné*, “arte ou habilidade”

A CIÊNCIA JÔNICA

Mileto, capital da Jônia, na costa da Ásia Menor, foi, provavelmente no século VI a.C., o berço da ciência grega, bem como de suas primeiras escolas de arquitetura e de literatura. Cidade mais adiantada do mundo grego, tinha pujante comércio e realizava intercâmbios culturais com todos os povos mediterrâneos.

² Sugiro ao leitor a obra de Maria Lúcia de Arruda ARANHA e Maria Helena Pires MARTINS. *Filosofando: introdução à filosofia*. São Paulo: Moderna, 1993, particularmente o Capítulo 7. Do mito à razão: o nascimento da filosofia na Grécia antiga; e o Capítulo 8. “O que é filosofia?” Ainda para o estudo dos gregos é recomendável ler o Capítulo 12. “A ciência grega”. Nessa obra o leitor encontrará, ao lado de uma atualizada orientação bibliográfica, quadros cronológicos, uma relação das diferentes correntes filosóficas com seus representantes e ainda um útil vocabulário filosófico.

É interessante também que a leitura deste e de outros capítulos seja acompanhada de um dicionário de filosofia, pois há muitos termos citados que, pela limitação deste livro, não puderam ser explicitados. Recomendo um que, em várias oportunidades, usei na elaboração deste capítulo: Hilton JAPIASSU & Danilo MARCONDES. *Dicionário básico de filosofia*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1990. 265 p. com cerca de 1.500 verbetes.

O poder político entre os jônicos estava nas mãos de uma oligarquia mercantil muito interessada em promover o desenvolvimento das técnicas, pois assim asseguraria o aumento de sua prosperidade. Os milésios — habitantes de Mileto — estavam interessados na natureza, e buscavam explicações para as coisas à luz de suas experiências diárias. Surgiram entre eles notáveis inventores, muito valorizados: Anacarsis o Escita, a quem é atribuída a invenção do fole e da roda de ferreiro, bem como o aperfeiçoamento da âncora; Glauco de Quios, que teria inventado o soldador; Teodoro de Samos, que teria ensinado a fundir o bronze e inventado o nível, o esquadro e o compasso. Esses nomes surgem nos poemas em que se cantavam os feitos dos homens da época, não pertencendo, portanto, ao registro histórico. No entanto, sua referência é indicativa do quanto os jônicos consideravam a ciência.

Há quatro grandes filósofos jônicos que prestaram significativa contribuição à compreensão da natureza. Sua referência deve ser vista não como um destaque pessoal, mas por representarem a síntese do pensamento de outros que os antecederam e de muitos de seus discípulos, genericamente referidos como “jônicos”

Tales de Mileto (640-548 a.C.) foi um mercador que viajou muito, tendo aprendido com os fenícios a navegar guiando-se pelas estrelas. Visitou o Egito, onde estudou geometria, tendo superado seus mestres, porque compreendeu melhor que eles

a natureza das demonstrações gerais. Concebeu um método de calcular a distância dos barcos à costa, utilizando a semelhança de triângulos. Indagando por que as coisas são e qual o princípio de suas mudanças, Tales propôs que *a água é o princípio formador de tudo*, sendo assim o primeiro a oferecer uma explicação geral da natureza sem invocar o poder sobrenatural. Aristóteles considera esse geômetra e legislador o fundador da filosofia grega.

Anaximandro (610-547 a.C.), discípulo de Tales, ampliou suas observações e elaborou uma teoria, que expôs em *Sobre a natureza*, onde afirmou que a água não poderia ser o princípio de tudo, pois, como a terra, a neve e o fogo, ela sofre transmutações. Considerou que esses elementos são formas diferentes de uma substância primária, que chamou de *apeiron*, o “indeterminado” ou “ilimitado”. O *apeiron* seria, assim, uma substância eterna, indestrutível, infinita, dotada de movimento e invisível.

Anaxímenes (588-524 a.C.), também natural de Mileto e discípulo de Anaximandro, ensinou que a substância originária não poderia ser a *água* (como acreditava Tales) nem tampouco o *apeiron* (como ensinava Anaximandro), e sim o *ar infinito* (o *pneuma apeiron*), que, através da rarefação e da condensação, formaria todas as coisas. Explicava que, da mesma maneira que nossa alma é ar, também o *apeiron* mantém unido o universo inteiro.

Heráclito de Éfeso (540-475 a.C.), filósofo jônico, é outro impor-

tante pré-socrático. Ensinava que o universo muda e se transforma a cada instante, havendo um dinamismo eterno que o anima. Tudo é movimento, isto é, *tudo flui*. Dizia que "não nos banhamos duas vezes no mesmo rio", porque, na segunda vez, nós não mais seremos os mesmos e o rio terá mudado, pois sempre estão ocorrendo mudanças: esse é o sentido da *dialética* (que retomaremos em Platão). Heráclito foi um pensador radical. Os gregos achavam-no muito abstrato, cognominando-o Heráclito o Obscuro.

O princípio unificador que governa o mundo é o *logos*, tanto considerado como o princípio subjacente ao fogo, como a inteligência ou razão humana. Essas idéias dos jônicos estão ainda presentes em muitas de nossas concepções de natureza. Se substituirmos os termos "ar", "água", "terra" e "fogo" por "gás", "líquido", "sólido" e "energia", encontraremos a descrição do universo feita por Anaximenes. As idéias de Heráclito sobre o "fogo" não são muito diferentes de nossas idéias sobre a energia que envolve todas as reações químicas. É preciso ressaltar que os jônicos enunciaram essas idéias mais de quinhentos anos antes de Cristo.

O PITAGORISMO

Os persas se expandiram sobre a Ásia Menor e, em 494 a.C., tomaram Mileto e levaram as idéias de seus filósofos para as colônias gregas mais a oeste. Surgiram escolas

de diferentes pensamentos em várias cidades, entre as quais foi muito importante a dos pitagóricos, fundada por Pitágoras na colônia grega de Croton, no sul da Itália.

Pitágoras (582-497 a.C.) nasceu em Samos, quando a ilha era uma potência comercial em crescente progresso científico. Em 530 se exilou em Croton, onde alcançou grande influência política e religiosa. Foi considerado um verdadeiro reformador religioso, tendo sido influenciado por uma tradição filosófico-religiosa originária do século VII a.C. e inspirada na figura mítica de Orfeu: o orfismo. Também lhe é atribuída a criação da palavra *filosofia* (*sophos*, "sábio"; *sophia*, "saber"; *philos*, "amigo"), isto é, "amizade ao saber".

Percorreu o mundo conhecido de então pregando suas doutrinas, que se tornaram uma seita semi-religiosa e uma filosofia de vida: o *pitagorismo*, que se fundamenta em dois princípios: o da *metempsicose* e o de que *tudo no universo é harmonia numérica* (a cor, o som...). O primeiro, de caráter mais místico e espiritualista, provavelmente de inspiração oriental, admite a migração das almas de um corpo para outro. O segundo, essencialmente matemático, propõe o número como verdade eterna e representação de toda a realidade.

Estudos atuais mostram que conhecimentos atribuídos a Pitágoras, como o famoso Teorema de Pitágoras, são encontrados em outras civilizações anteriores à grega, na Ásia e na África.

A ESCOLA DE ELÉIA

Na antiga cidade grega de Eléia (ou Elea), que ficava na Magna Grécia (Lucânia, na Itália), floresceu, no início do século V a.C., uma das mais importantes escolas filosóficas — a eleática —, da qual o maior vulto foi Parmênides; Zenão e Xenófanes são outros de seus principais representantes.

Parmênides (544-450 a.C.) foi chamado por Platão de Parmênides o Grande. A ele credita-se

"a maior façanha que o pensamento ocidental europeu realizou em 25 séculos; tanto que continuamos ainda hoje vivendo os caminhos filosóficos que foram abertos por Parmênides de Eléia, e por onde este impeliu, com impulso gigantesco, o pensamento filosófico humano" (18: 71).

Zenão (490-430 a.C.) foi discípulo de Parmênides e notabilizou-se sobretudo por seus paradoxos acerca do tempo, com os quais pretendeu refutar o mobilismo e o pitagorismo. Desses paradoxos o mais famoso é aquele no qual propõe uma corrida entre Aquiles (que Homero descrevera como o homem mais veloz da Grécia) e uma tartaruga (animal conhecido por sua lentidão). Zenão demonstra que, se Aquiles der uma vantagem inicial para a tartaruga, nunca conseguirá alcançá-la, por mais veloz que seja. Quando Aquiles atingisse o ponto em que a tartaruga estava, ela sempre estaria um pouco mais adiante e, assim, sucessiva-

mente. Se o espaço é infinitamente divisível, é impossível percorrer qualquer distância, já que não se pode percorrer uma distância infinita de segmentos espaciais em um tempo finito. Para Aristóteles, Zenão pode ser considerado o fundador da dialética.

Xenófanes (séc. IV a.C.) é considerado o fundador da escola eleática. Ridicularizou os deuses mitológicos e zombou das honrarias conferidas aos atletas olímpicos porque "o nosso saber vale muito mais que o vigor dos homens (...). Não é justo preferir a força ao vigor do saber" (22: 249). Combateu o antropomorfismo (doutrina que atribuía a Deus uma forma humana), defendendo a unidade de Deus, que *é um e tudo*, que se funde com o todo e a tudo governa com o pensamento (panteísmo).

OS ATOMISTAS GREGOS

Uma questão tratada com muita relevância pelos gregos foi a natureza da matéria e sua divisibilidade:

"Uma pedra pode ser partida em pedaços cada vez mais pequenos, pode ser pulverizada mais e mais e cada pedaço dela, ou cada partícula de pó segue sendo igual à matéria original" (18).

A questão está em saber se as divisões podem prosseguir indefinidamente ou se há um limite além do qual não se pode passar.

Leucipo de Mileto, de quem pouco se sabe, é considerado o criador do atomismo ou teoria atomista. Foi provavelmente discípulo de Parmênides ou de Zenão. Afirmou, já no ano 450 a.C., que forçosamente deveria haver uma partícula tão pequena que não mais poderia ser dividida. Leucipo afirmava que o universo é infinito, possuindo uma parte cheia e outra vazia. Na parte cheia estariam as *partículas fundamentais* em movimento giratório, obedecendo à razão e à necessidade.

Demócrito (470-380 a.C.), nascido em Abdera, é considerado o primeiro pensador *materiaalista* e foi quem propôs chamar de *átomo* a partícula fundamental de Leucipo. Esses átomos são infinitos em número e são semelhantes em essência, porém diferem nos diversos elementos em tamanho, forma, disposição e situação. As qualidades que atribuímos aos corpos (cor, sabor, odor, ruído, forma) são suas aparências extrínsecas, pois os átomos só têm propriedades geométricas (forma e grandeza).

A cosmologia dos atomistas seguiu o esquema geral dos jônicos, porém seus princípios foram enunciados em uma linguagem que nos parece surpreendentemente atual: *Nada é criado do nada*. Veremos que o átomo de Demócrito não é muito diferente do átomo de Dalton, proposto quase 25 séculos depois.

O atomismo grego teve uma aceitação restrita, por duas razões:

"A primeira foi seu materialismo total, que explicava a percepção, inclusive o pensamento em termos de movimento dos átomos, e parecia não deixar lugar para os valores espirituais. Esse materialismo unia um matiz político radical, porque não reconhecia uma ordem natural no universo nem fazia uso de harmonias preestabelecidas. Os filósofos da escola de Atenas o combateram e lograram rechaçá-lo. A segunda razão é que proporcionava explicações para cada caso, porém sem que fosse possível obter conclusões verificáveis pela experimentação. Descreveu os átomos da água como suaves e redondos, e por isso a água flui e não tem forma. As queimaduras são dolorosas, porque os átomos do fogo são duros e espinhosos. Os átomos da terra são ásperos e dentados, porque se unem um aos outros dando substâncias duras e estáveis" (1: 37).

PREPARANDO O PERÍODO CLÁSSICO

Há ainda, entre muitos outros nomes, dois que não são enquadráveis nas escolas anteriores, e merecem uma citação pela contribuição que prestaram na maneira de se buscar uma explicação para a natureza: Anaxágoras e Empédocles.

Anaxágoras (499-428 a.C.) é considerado o fundador da escola filosófica ateniense. Era amigo e partidário de Péricles. Foi acusado de ateísmo por se recusar a prestar culto aos deuses do Olimpo, por isso sendo expulso de Atenas. Afirmava que o princípio de todas as

coisas são *sementes* que inicialmente se misturam e se separam num caos, e são ordenadas pela inteligência.

Empédocles (490-435 a.C.), nascido em Agrigento, explicava a formação de todas as coisas do universo como o resultado da fusão de quatro princípios fundamentais e indestrutíveis: *terra, ar, água e fogo*. Substituiu assim a *neve* dos jônicos pelo *ar*. Pondo os quatro elementos em movimento, admitiu a existência de duas forças: *amor e ódio*. O amor tende a misturar os quatro elementos para formar outras substâncias, e o ódio promove sua separação. A explicação através dos quatro elementos permaneceu presente por muitos séculos, e o *dualismo* está ainda hoje presente em muitas de nossas explicações sobre a matéria.

OS SOFISTAS

Os *sofistas*, mestres de retórica e de oratória, apareceram na Grécia no início do século V a.C. Professores itinerantes ensinavam sua arte nas praças, aos cidadãos em geral, pois o domínio do discurso era fundamental para a participação nas assembleias das cidades gregas. A corrente dos sofistas caracterizou-se por uma concepção antropocêntrica, em oposição à visão cosmológica dos filósofos jônicos. Foram contemporâneos de Sócrates, Platão (contra eles este escreveu o diálogo *O sofista*) e Aristóteles (que escreveu, contra eles,

Refutação dos argumentos sofísticos), que condenavam o relativismo dos sofistas e sua defesa da idéia de que a verdade é resultante da persuasão e do consenso entre os homens. Devido à oposição que sofreram e ao triunfo da metafísica na tradição filosófica,

"ficou-nos uma imagem negativa dos sofistas como 'produtores do falso' (...), manipuladores de opiniões, criadores de ilusões. Estudos mais recentes, entretanto, buscam revalorizar de forma mais isenta o pensamento dos sofistas, mostrando que seu relativismo baseava-se em uma doutrina da natureza humana e de sua relação com o real, bem como indicando a importância da contribuição dos sofistas para os estudos de gramática, retórica e oratória, para o conhecimento da língua grega e para o desenvolvimento de teorias do discurso" (22: 228).

Os sofistas são personagens de vários diálogos de Platão. Entre os principais sofistas destacam-se Górgias (485-380 a.C.), Protágoras e Hípias.

HIPÓCRATES DE QUIOS E HIPÓCRATES DE CÓS

É provável que para muitos o nome de Hipócrates esteja associado apenas à medicina e à ética médica, através do conhecido "juramento de Hipócrates". No século V a.C., entretanto, houve dois gregos chamados Hipócrates: um, matemá-

tico da ilha jônica de Quios, outro, médico, também jônico, da ilha de Cós.

Hipócrates de Quios, contemporâneo de Sócrates, foi um mercador muito malsucedido, devido a problemas fiscais alfandegários, mas tornou-se célebre matemático, resolvendo problemas que desafiavam os estudiosos, como o da duplicação do cubo, e encaminhando a solução de outros, como a quadratura do círculo. Reuniu e sistematizou o conhecimento geométrico de então, principalmente a multiplicidade de demonstrações de teoremas surgidos.

Hipócrates de Cós foi um seguidor do fundador da medicina grega, o lendário Esculápio (usualmente representado por um bastão envolvido por uma serpente). Hipócrates nasceu em Cós, por volta do ano 460 a.C., e seus ensinamentos e os de seus colegas estão reunidos em cerca de sessenta textos, conhecidos como *Corpus hipocraticum*, que relatam doenças, em geral relacionadas com os *humores*, e os conhecimentos médicos propostos para as suas curas, geralmente baseados em ervas. Hipócrates escreveu o primeiro tratado sobre climatologia, *Ares, águas e lugares*, onde discorre sobre a importância do clima para a saúde. São ainda célebres seus alorismos, como, por exemplo: "A vida é breve; a arte, longa; a oportunidade, fugaz; a experiência, traiçoeira; o julgamento, difícil". Mais tarde, no século II, Galeno, outro médico, ampliou muito a medicina de Hipócrates.

A ESCOLA SOCRÁTICA

Atenas, a antiga *Athenai*, viveu no século V a.C., como cidade-Estado, seu período de máximo progresso, principalmente no governo de Péricles (460-431 a.C.), quando houve grande expansão do comércio, da indústria e da agricultura. Tinha então cerca de meio milhão de habitantes, dos quais 300 mil eram escravos e 50 mil estrangeiros. Excluídas as mulheres e as crianças, restavam apenas cerca de 50 mil cidadãos capazes de decidir por todos. Vê-se, assim, que devemos olhar com reservas a chamada "democracia ateniense", pois a maior parte da população estava excluída dos processos decisórios.

Há um nome que merece destaque entre os atenienses desse período, pelas significativas contribuições que deixou à filosofia e à ciência de seu tempo: Sócrates.

Sócrates (470-399 a.C.) nasceu e morreu em Atenas, cidade de onde parece ter saído uma única vez para uma excursão ao istmo de Corinto. Filho de um escultor e de uma parteira, fez da profissão de ambos parte de seu aprendizado. A do pai usou nos anos iniciais como arte, mas abandonou-a. A da mãe eternizará o seu método de ensinar: a *maieutica* (a arte de partejar espíritos) e a *ironia* (a arte de interrogar), promovendo assim a parturição das idéias, que consiste em fazer o interlocutor desenvolver o seu pensamento sobre uma questão que ele pensa conhecer, para conduzi-lo a verificar que nada sabe, e só então chegar ao saber.

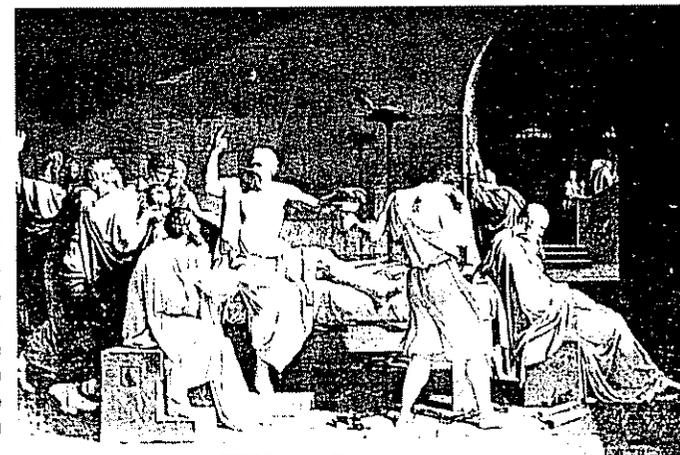
Segundo Xenofonte, Sócrates foi o seu próprio mestre. Não tinha escola, não professava nenhuma ciência, não deixou nenhuma obra escrita, pois seu ensino era pela conversação, mas é considerado o consolidador de toda a filosofia dos que o antecederam. Participava da vida da cidade, estimulando a discussão e mostrando, principalmente aos jovens, o quanto poderiam ser enganados pelos discursos demagógicos dos que sabiam falar bem. Assim, acreditando em uma missão interior, tornou-se um educador público e gratuito, mostrando que "opiniões não são verdades, pois não resistem ao diálogo crítico" (22: 227).

Sócrates foi acusado de corromper a mocidade, ser inimigo das leis e das autoridades e desobediente para com os deuses. Por isso foi julgado culpado, por 281 votos contra 260, e condenado à morte pela ingestão de cicuta. Empregou os úl-

timos trinta dias que lhe concederam conversando com tranquilidade com seus amigos e discípulos, recusando destes a possibilidade de fuga. Depois de despedir-se da mulher Xantipa, de seus três filhos e dos amigos, bebeu a taça de cicuta e morreu.

Como não deixasse nada escrito, somente através de Platão, Xenofonte e Aristóteles conhecemos a sua obra. Platão a enriqueceu, transformando a maieutica e a ironia em dialética; Xenofonte a resumiu, e Aristóteles apresentou dela um extrato incompleto. Uma das divisas socráticas é: "Conhece-te a ti mesmo", que traduz a necessidade de o conhecimento tornar-se uma ciência capaz de ensinar os homens a praticar o bem e a administrar as coisas da pólis (cidade); assim, não se trata apenas de uma investigação psicológica, mas de um método para se adquirir a ciência dos valores que o homem traz em si.

Morte de Sócrates, de Jean Louis David, onde vemos o grande filósofo discutindo sobre a immortalidade da alma enquanto esperava a morte.



AS TEORIAS PLATÔNICAS E ARISTOTÉLICAS

Sócrates é o grande marco para o conhecimento dos gregos. Agora, quando chegamos ao século IV a.C., estamos no período pós-socrático, quando Atenas vive várias transformações, sofrendo uma derrota total para Esparta na Guerra do Peloponeso. Em 403 a.C., um ano depois da derrota, tornou-se novamente uma democracia autogovernada, com uma estrutura social transformada devido à decadência dos proprietários de terra e da aristocracia governante. Cresce então uma classe mercantil, não só poderosa mas rica, e Atenas volta a viver por um século um período de grande prosperidade. A oratória atinge o clímax com Demóstenes, e no pensamento filosófico há dois nomes fundamentais: Platão e Aristóteles.

Platão (c. 427-348 ou 347 a.C.), ateniense, foi um dos discípulos de Sócrates. Deixou a cidade quando da condenação de seu mestre, e por doze anos visitou outros centros de saber, conhecendo mais de perto os pitagóricos. Com quarenta anos voltou a Atenas e buscou reabilitar seu mestre, cujas idéias procurava explicar. Retomou a teoria de Sócrates sobre a *idéia* e ampliou-lhe o sentido:

"A idéia é mais do que um conhecimento verdadeiro; ela é o ser

mesmo, a realidade verdadeira, absoluta e eterna, existindo fora e além de nós, cujos objetos visíveis são apenas reflexos" (22: 195).

O método de Platão é a *dialética*, e ele a emprega em seu sentido etimológico de "dialogar"³, isto é,

"um instrumento de busca da verdade, uma pedagogia científica do diálogo graças ao qual o aprendiz de filósofo (...) utiliza sistematicamente o discurso para chegar à percepção das essências, isto é, à ordem da verdade". (22: 73).

Situou a ciência no primeiro plano de toda a atividade intelectual. Interessou-se pelos princípios, pelos métodos e pelos progressos da matemática, da física, da astronomia e da biologia. Formulou ele próprio hipóteses audaciosas sobre a estrutura do universo e sobre as leis que o regem.

A física e a biologia de Platão tinham um caráter antropomórfico e ético. Embora os jônicos já houvessem proposto uma cosmogonia evolucionista, Platão propunha, ainda, uma cosmogonia criacionista, onde o cosmos era um organismo vivente, com corpo, alma e razão. Nessa teoria, estabelecida no *Timeu*, Platão inclui explicações da fisiologia humana, baseadas na analogia entre o cosmos e o homem. Esta analogia entre o macrocosmo e o microcosmo perdurou

durante toda a Idade Média. O livro *Timeu* (latinizado *Timaeus*) é sua maior obra científica, tendo sido muito mal-interpretado. Muitos usaram a doutrina platônica micro/macrocósmica como pretexto para a difusão da astrologia profética e pessoal do horóscopo.

A ciência de Platão condenou a experimentação como algo ruim ou como uma arte mecânica impia. Admirava muito a matemática por ser uma ciência dedutiva, tendo formulado idéias sobre números negativos e o método das variações.

As teorias políticas defendidas por Platão aparecem em três livros: *A república*, *O político* e *As leis*. Neles propõe uma sociedade elitista, com um grupo formado por um quinto da população total, os "governantes e guardiães", que controlariam os demais. A massa da população, pensava Platão, não tinha ideais, apenas desejos, e os mercadores, negociantes, artífices e trabalhadores manuais existiam para ser comandados.

Platão representou uma das maiores contribuições para o pensamento ocidental, chegando-se a afirmar que toda a filosofia ocidental não passa de um conjunto de notas de pé de página à obra de Platão. A Escola de Platão — Academia de Atenas, assim chamada por ter funcionado nos jardins do herói ateniense Academos — ostentava na sua entrada esta frase: "Quem não for geômetra, não entra". A Academia ainda funcionou por nove séculos, sendo fechada por

decreto do imperador Justiniano, que determinou a extinção de todas as escolas pagãs.

Aristóteles (384-322 a.C.) é, provavelmente, o nome que por mais tempo, em todo o mundo, influuiu no "fazer filosofia" e no "fazer ciência" da humanidade. Desde o seu tempo até o Renascimento cultural na Europa moderna, apesar de muitos homens terem feito apreciáveis avanços no conhecimento, não houve nenhum outro que tivesse reunido, de uma maneira tão sistemática e harmônica, os conhecimentos produzidos até então, podendo ser considerado o primeiro grande enciclopedista. Suas obras foram fonte de consultas durante séculos. Veremos, por exemplo, que uma das grandes tarefas da Idade Média foi redescobrir (inclusive traduzir) e retomar a obra aristotélica.

Aristóteles nasceu em Estagira, na Calcídica, península do Monte Ato, na costa setentrional do Mar Egeu. Seu pai foi designado médico pessoal de Amintas III, pai de Felipe, que depois se tornou rei da Macedônia e pai, por sua vez, de Alexandre Magno. Para o pai exercer a medicina na corte macedônica, a família de Aristóteles mudou-se para Pela. Os macedônios tornaram-se amigos dos gregos, e, através de uma série de disputas e acertos diplomáticos, Felipe, em 359 a.C., restaurou o país, que passou a ter o controle sobre toda a Grécia. O poder macedônico trouxe conseqüências favoráveis para a cultura grega.

³ Recomendo ao leitor Leandro KONDER, *O que é dialética*, 20 ed. Col. Primeiros Passos, vol. 23. São Paulo, Brasiliense, s/d, 90 p.

Os pais de Aristóteles morreram quando ele ainda era criança. Aos dezessete anos, seu tutor, Proxenos, mandou-o a Atenas para completar sua educação. Aristóteles matriculou-se na Academia de Platão e foi logo apreciado pelo seu entusiasmo. Platão o chamou de "o leitor" e "o intelecto". Por vinte anos Aristóteles permaneceu na Academia de Platão, mas aprendeu política e oratória com outros. Iniciou-se uma divergência com o mestre e, já antes da morte de Platão, Aristóteles deixou a Academia. Platão teria comentado: "Aristóteles me despreza como o potro que escolhe a mãe que o deu à luz", ao que Aristóteles teria respondido: "Amigo de Platão, mas mais amigo da verdade". Quando surgiram em Atenas sentimentos antimacedônicos, Aristóteles deixou a cidade, acompanhado de Xenócrates, outro acadêmico, e cruzou o Egeu rumo à corte em Atarneos, perto de Lesbos, na Jônia. Lá foram recebidos por Hérnias, o governante, que fora um antigo estudante da Academia. Aristóteles casou-se com Pítias, sua primeira mulher, sobrinha de Hérnias. Durante três anos ficou na região, visitando a Ilha de Lesbos, onde se tornou amigo do naturalista Teofrasto, com quem iniciou várias observações biológicas.

Em 343 a.C., Aristóteles voltou a Pela, convidado por Felipe, para tornar-se preceptor de Alexandre. Foi tutor do príncipe por três anos e, em 335 a.C., quando Alexandre assumiu o trono da Macedô-

nia, tornando-se o grande conquistador, Aristóteles voltou a Atenas e fundou sua própria escola e um centro de pesquisa. Escolheu como local um bosque, que era consagrado a Apolo Liceu, e por isso sua escola ficou conhecida como Liceu.

Aristóteles trabalhou no Liceu durante os treze anos seguintes. Caminhava pelo bosque ensinando a seus discípulos, que se tornaram conhecidos como "andarilhos" ou "peripatéticos" (do verbo *peripatein*, "passear"). No Liceu organizou uma escola dotada de representação de animais em movimento para algumas demonstrações, uma biblioteca, um laboratório e um museu de animais e plantas naturais de diversas regiões. O Liceu recebeu inestimável auxílio financeiro do ex-discípulo de Aristóteles, o rei Alexandre Magno.

A morte de Alexandre Magno, em 323 a.C., fez reacender nos atenienses sentimentos antimacedônicos, que foram muito personalizados em Aristóteles. Este foi muito hostilizado, tendo por isso fugido da cidade e se refugiado em Cálcis, onde morreu, com 62 anos, poucos meses depois da morte de Alexandre. O Liceu continuou sob a direção de Teofrasto, durante 35 anos, que ensinou com grande reputação para mais de 2 mil alunos.

O grande legado aristotélico pode ser dividido em dois períodos: o realizado na Academia de Platão, marcado pela influência do mestre, e o realizado após, independentemente.

É difícil fazer uma síntese de sua ciência e filosofia. Aristóteles parte da *coisa* tal como a vemos e sentimos, e nela distingue três elementos: um primeiro, que denomina *substância*, um segundo, que chama de *essência*, e um terceiro, o *acidente*. Mostra que a substância: a) *é*; b) *tem quantidade* (grande/pequena...); c) *tem qualidade* (verdel/nobre/signóbil/boa...); d) *tem relação* (maior/igual...); e) *está num lugar* (aqui/lá/em Atenas...); f) *tem temporalidade* (é/foi/será...); g) *tem ação* (germina/corta...); h) *tem paixão* (ama/sofre/morre...).

Com esses oito *passos* Aristóteles fazia o estudo das coisas, buscando para cada uma quatro causas: a *causa material*: aquilo de que é feita uma coisa (o mármore); a *causa formal*: o que a coisa vai ser (a estátua); a *causa eficiente*: aquilo com o que é feita a coisa (o escultor) e a *causa final*: aquilo para o qual é feita a coisa (a finalidade da estátua). E explicava Aristóteles: a estátua está no bloco de mármore e na cabeça do artista (18).

Entre os muitos escritos aristotélicos está a *Physis* ou *Física*, composta por quatorze livros, na qual são discutidos assuntos relativos à matéria, à forma e às leis do universo sensível, e, partindo do postulado de que toda a "ciência baseia-se na definição e na demonstração", são abordados a filosofia da natureza, os princípios da existência, a matéria e a forma, o movimento, o tempo e o espaço.

Aristóteles rechaça o atomismo e retoma a idéia dos quatro ele-

mentos de Empédocles, acrescentando um quinto: o *éter*, que se move em círculos, é eterno, incorruptível e inalterável, e constitui a matéria dos corpos celestes. Associa à matéria quatro qualidades primárias e fundamentais, formando pares opostos: *quente e frio, úmida e seca*. Ao retomar essas idéias, que já haviam sido apresentadas pelos jônicos, propõe que essas qualidades se combinem binariamente para formar os quatro elementos. Assim, a *água* é úmida e fria; o *fogo*, quente e seco... A doutrina dos quatro elementos perdurou até o século XVII.

O universo de Aristóteles era formado por 59 esferas concêntricas, das quais as quatro primeiras eram a representação dos quatro elementos, começando pela Terra, centro do universo e local onde ocorrem as transformações, na medida em que nela os corpos estão sujeitos a movimentos que não têm a perfeição do movimento circular que impera nas demais esferas. As esferas seguintes são a água, o ar e o fogo. Essas quatro esferas formam o *mundo sublunar*. As demais esferas constituem os *céus* ou o *mundo supralunar*, que se inicia com a Lua, seguida das esferas onde o Sol, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno percorrem suas trajetórias, e, depois, diferentes esferas onde estão as estrelas fixas, formadas pelo elemento éter.

Aristóteles explicava que todos os seres tinham o seu lugar natural. Assim, o lugar dos materiais terrestres era o centro da Terra, e

quanto mais elemento terra um corpo tivesse, mais fortemente ele procuraria chegar lá. Dessa forma, as coisas mais pesadas, isto é, mais grávidas de terra, caíam mais depressa que as mais leves. O lugar natural das águas é sobre a superfície da terra, pois não têm o elemento terra. O lugar do ar é em torno da terra, cobrindo-a como um cobertor. O lugar natural do elemento fogo é na esfera acima de nossas cabeças, e já que o fogo quer retornar para a sua morada, vemos as chamas queimarem para cima.

Aristóteles distingue três espécies de movimento dos corpos. O primeiro, o *movimento natural*, observado quando um grávido cai devido à sua "gravidade" ou um não-grávido se eleva como a fumaça, devido à sua "leveza". O segundo é o *movimento forçado*, causado pelas forças externas que interferem no movimento natural, quando se levanta um peso ou se atira uma flecha; sempre é necessária uma força para causar um movimento forçado. O terceiro é o *movimento voluntário*, executado pela vontade das criaturas vivas.

Apesar de o trabalho de Aristóteles na área do conhecimento biológico ter ficado ofuscado por suas contribuições no campo da física, não podemos deixar de destacar nele o biólogo. Deu o nome a cerca de quinhentas espécies de animais, e suas observações incluíam dissecações e descrições detalhadas de esponjas, animais marinhos e pássaros. Estudou o acasalamento de várias espécies,

apresentando idéias avançadas sobre embriologia e mostrando o erro da suposição, provavelmente oriunda do Egito, de que o pai era o único progenitor real e de que a mãe nada mais fazia do que alojar e nutrir o embrião. Aristóteles reconheceu que a fêmea contribuía para a geração e proporcionava uma substância para a formação do princípio ativo masculino. Descreveu o crescimento do embrião de um pinto, observou as batidas do coração e seu surgimento antes dos outros órgãos. Talvez daí tenha se originado a idéia de que o coração é a sede da alma e dos sentimentos. Deixou uma extensa classificação de pedras e plantas, mas esta não foi mais recuperada. Aristóteles estudou com muitos detalhes a vida de uma colméia de abelhas, relatando o comportamento dos zangões e das operárias, e forneceu muitos detalhes sobre o ferrão, mesmo sem dispor de lentes de aumento.

Não houve campo do conhecimento científico no qual Aristóteles não tenha prestado alguma contribuição, e, como já dissemos, sua importância se prolongará por muitos séculos.

A GRÉCIA PERDE A INDEPENDÊNCIA POLÍTICA

A independência política da Grécia terminou em 338 a.C., com a conquista macedônica. Após a morte de Alexandre (323 a.C.), a Grécia, que se rebelara contra os

macedônios, foi novamente derrotada por eles (322 a.C.), seguindo-se períodos de muitas lutas e de breve autonomia de algumas cidades-estados. Em 277 a.C., foi vencida pelos macedônios, ocorrendo um período de despovoamento. Houve muita resistência ao domínio macedônio. Atenas permaneceu um centro intelectual. Os filósofos estoicos, cujo representante mais importante é Zenão de Cítio, e os epicuristas (discípulos de Epicuro) transformaram Atenas no centro de suas escolas.

No final do século III a.C. Roma interveio nos Bálcãs, expulsando o rei macedônio da Grécia. Houve uma aparente liberdade política, mas na verdade os romanos

estabeleceram na Grécia um exigente protetorado, tendo mais uma vez os gregos se revoltado. Como consequência, Corinto foi destruída, sendo a Grécia submetida à vigilância do governador romano da Macedônia. A tentativa de libertá-la em 88-84 a.C. redundou em fracasso, passando a Grécia a constituir a província romana de Acaia.

Mesmo dominada, a Grécia continuou a ser um reservatório de cultura. Os romanos que quisessem aprimorar sua educação vinham estudar na Grécia, como veremos no próximo capítulo, no qual visitaremos esse povo e alguns pensadores gregos importantes, ainda do período anterior à nossa era, como Euclides, Apolônio e Arquimedes.

* * *

Acredito que este olhar panorâmico (principalmente nos séculos VI, V e IV a.C.) sobre a cultura grega tenha permitido ao leitor avaliar um pouco a significativa contribuição que dela recebemos.

3 A CIÊNCIA HELENÍSTICA E A ROMANA: O COMEÇO DA ERA CRISTÃ

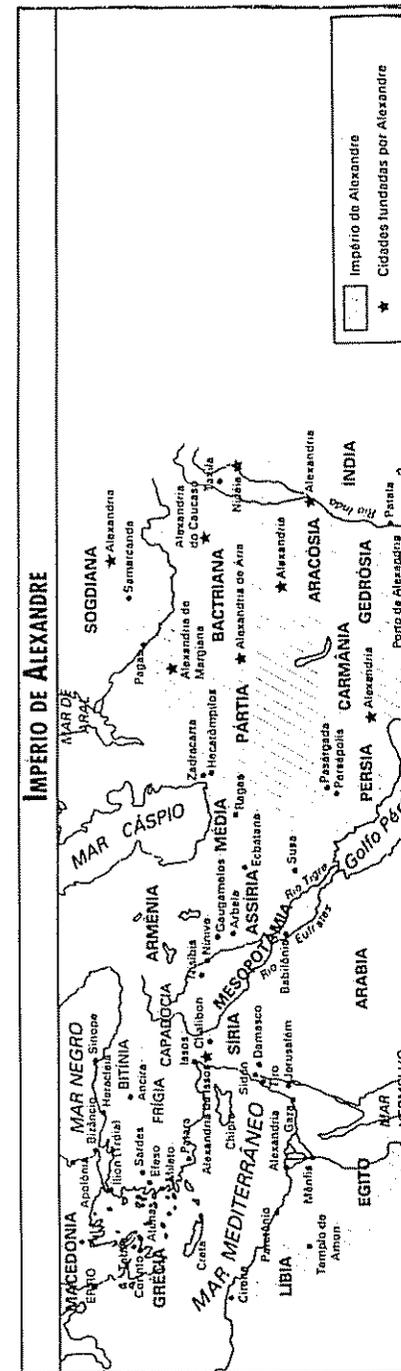
Alexandria: sintetizadora de culturas e ponto de mutação para a nossa era

Vimos no capítulo anterior, como a Grécia, no século III a.C., mesmo se transformando em colônia romana, conservou sua grande importância cultural. É preciso recordar que, anteriormente, quando do apogeu dos gregos, estes haviam estabelecido colônias no sul da Península Itálica. Com as conquistas de Alexandre Magno, a cultura grega, que fora sufocada na Grécia, reacende no Egito. Denomina-se *helenismo* o período que começa nesse momento e vai até a conquista do Egito pelos romanos, um pouco antes do início da era cristã.

A grande metrópole do conhecimento científico nos séculos que antecederam a era cristã, e mesmo no início desta, foi Alexandria. Essa cidade foi fundada por Alexandre Magno em 332 a.C., depois da conquista do Egito. Projeto do arquiteto Dinócrates, Alexandria foi construída no local da

antiga cidade egípcia de Raconda, ou Racotis, dos gregos, junto ao delta do Nilo e às margens do Mediterrâneo, tendo, portanto, uma posição geográfica privilegiada. A região era uma ilha onde se localizava um famoso farol, considerado uma das sete maravilhas do mundo antigo. Gradativamente a ilha se transformou em península, ligada ao continente por estreito istmo.

Com a morte de Alexandre, o Egito foi dado a um membro da sua corte, Ptolomeu. Ptolomeu I Sóter (o Salvador) fundou a dinastia ptolomaica (que reinou no Egito até o ano 30 a.C., com quinze reis Ptolomeu), e fez de Alexandria a capital, onde estabeleceu um museu e uma biblioteca. A cidade tornou-se uma grande metrópole comercial, por ser um entreposto de localização privilegiada entre o Ocidente e o Oriente, e, principalmente, a



capital intelectual e artística do mundo helenístico, por ter se tornado ponto de confluência de diferentes culturas e ter atraído sábios de diferentes lugares.

A BIBLIOTECA DE ALEXANDRIA

A Biblioteca de Alexandria, a mais célebre da Antigüidade, foi fundada por Ptolomeu I Sóter e desenvolvida, principalmente, por seu filho, Ptolomeu II Philadelphus (de *philos*, “amigo”, e *delphus*, “irmão”). Demétrius Phalereus, escritor, estadista e antigo aluno de Teofrasto no Liceu, organizou-a a partir de sua experiência anterior na Biblioteca de Atenas. Estratão de Lâmpsaco, que também estudou com Teofrasto, trabalhou na biblioteca por doze anos, como tutor de Philadelphus, retornando a Atenas para suceder a Teofrasto na direção do Liceu.

Acredita-se que a biblioteca tenha reunido mais de 700 mil rolos de papiros selecionados por filósofos, matemáticos, pesquisadores de diversas áreas e tradutores, que vertiam para o grego o conhecimento que estava nas diversas línguas do Mediterrâneo, do Oriente Médio e da Índia. Todos esses profissionais eram assalariados da corte ptolomaica. A biblioteca compreendia ainda um grande museu (a palavra é homenagem às Musas) e uma academia onde os sábios debatiam suas teses. Havia ainda jardins, onde se colecionavam plantas de diferentes locais e

mesmo animais exóticos. Havia salas onde médicos realizavam dissecações em animais e que contavam com aparelhos para observações astronômicas.

Pode-se imaginar esse conjunto de biblioteca, museu, academia e escolas como um grande instituto de pesquisa, onde os membros recebiam refeições e remuneração debitada no orçamento do Estado, sem que tivessem, necessariamente, de ministrar cursos regulares, podendo realizar investigações e receber convidados ilustres para debates. Assim Alexandria foi, entre todas as cidades da Antigüidade, o lugar que reunia maior número de sábios.

A parte principal da Biblioteca de Alexandria, que ficava no bairro de Brúquio, foi incendiada totalmente em 47 a.C. quase trezentos anos depois de sua fundação, nas batalhas de posse do Egito pelo romanos. Ao retirar-se da cidade, César deu-a a Cleópatra, que também teria recebido de Marco Antônio 200 mil rolos da Biblioteca de Pérgamo. A biblioteca foi mais uma vez incendiada em 269 d.C. e totalmente dilapidada em 415 d.C.

Ao referirmo-nos a Alexandria, merecem destaque, além de sua Escola Filosófica, que durante sete séculos (III a.C. a IV d.C.) foi um centro que fez do platonismo uma fé mística e da qual Plotino e Pórfiro são os expoentes, a Escola Matemática de Alexandria, a Escola de Medicina e a Escola de Astro-

nomia. Entre os importantes matemáticos, três merecem uma referência especial: Euclides, Apolônio e Arquimedes.

Euclides (c. 323-285 a.C.) é considerado um dos maiores nomes da ciência. Estudou na Academia de Platão e foi chamado a Alexandria por Ptolomeu I, logo no início da Escola de Alexandria, para lecionar geometria. Sua obra mais importante é *Os elementos*, em treze volumes, dos quais quatro chegaram aos nossos dias por intermédio dos árabes. Essa obra sintetiza toda a geometria grega conhecida até então e foi, até muito recentemente, a base para o ensino dessa ciência no mundo ocidental. Mas Euclides não foi apenas um compilador. Seu método de síntese — com axiomas, postulados, teoremas e provas — afetou o Ocidente mais do que qualquer outro livro, com exceção da Bíblia. A geometria euclidiana, com o espaço euclidiano a n dimensões, foi, até o século XIX, considerada plenamente capaz de dar conta do mundo sensível, e seus resultados considerados absolutamente verdadeiros. Euclides fez pesquisas sobre astronomia matemática, teoria matemática da música e óptica.

Arquimedes (287-212 a.C.), matemático, engenheiro, físico, considerado o maior geômetra dos tempos antigos, nasceu em Siracusa, mas muito jovem foi a Alexandria estudar com Euclides. Ao regressar a sua pátria dedicou-se aos estudos científicos, realizando inúmeras descobertas: calculou a relação entre um círculo e seu diâmetro — (pi) — com uma precisão sem precedentes (entre 3,1408 e 3,1429, na realidade, 3,1416). Hoje há informações de medidas com a mesma precisão entre os egípcios, em tempos anteriores a Arquimedes. Atribui-se a ele a invenção do parafuso sem fim, do parafuso oco, das roldanas (demonstrando como sozinho poderia puxar um navio de três mastros para a praia), da roda dentada, da esfera móvel, e o estabelecimento do princípio da alavanca (“dai-me uma alavanca suficientemente grande e um ponto de apoio e eu levantarei o mundo!”) e das leis da hidrostática. É conhecida a história de que, estando no banho,

Arquimedes resolveu um problema sobre o teor de ouro na liga usada pelo ourives no fabrico da coroa do rei Hierão II e saiu à rua gritando “Eureka!”, isto é, “Achei!”. Nesse episódio, Arquimedes aproveitou seu conhecimento sobre a densidade dos corpos.

Quando os romanos atacaram Siracusa, Arquimedes assumiu a defesa da cidade. Resistiu durante três anos aos exércitos invasores comandados por Marcelo, construindo máquinas para arremessar flechas e pedras a grandes distâncias. Há referências de que, por meio de espelhos e lentes, teria incendiado os navios inimigos. Os romanos conseguiram entrar de surpresa na cidade e conta-se que Ar-

quimedes resolveu um problema sobre o teor de ouro na liga usada pelo ourives no fabrico da coroa do rei Hierão II e saiu à rua gritando “Eureka!”, isto é, “Achei!”. Nesse episódio, Arquimedes aproveitou seu conhecimento sobre a densidade dos corpos.



Arquimedes no banho, ilustração do século XVI que evoca o célebre episódio em que Arquimedes, ao solucionar o problema da composição da coroa do rei Hierão, sai do banho gritando: “Eureka! Eureka!”

quimedes, que estava sentado na rua, resolvendo um problema de geometria, foi morto por um soldado que, sem saber, deixou de cumprir a ordem de poupar o sábio dada por Marcelo. Este, como homenagem, mandou erguer um mausoléu, no qual foi colocada uma estera inscrita num círculo, com os números que exprimem a relação entre essas duas figuras geométricas.

Apolônio de Perga ou Pérgamo, nascido entre 246 e 221 a.C., foi discípulo de Arquimedes e é considerado um dos fundadores da matemática. É autor do *Tratado sobre as seções cônicas*, em oito volumes, um estudo das curvas obtidas quando se corta um cone para produzir a elipse, a parábola e a hipérbola. Pode-se dizer que Apolônio lançou as bases dos estudos que seriam retomados na Europa no século XVII por Kepler e Newton. Estudou ainda métodos de expressar grandes números, principalmente grandezas astronômicas e números irracionais.

A ESCOLA DE MEDICINA DE ALEXANDRIA

Junto ao Museu de Alexandria houve uma notável Escola de Medicina, fundada por Hierófilo, médico grego que havia estudado em Cós, no início do século III a.C. Tendo ido a Alexandria a convite de Ptolomeu I, portanto também no início da dinastia, conquistou grande reputação como médico e professor. Em Alexandria, a dis-

secação de corpos não encontrava as restrições que havia em outros centros, e isso favoreceu grandemente a pesquisa médica. Mesmo baseando sua prática na doutrina dos humores, Hierófilo fez grandes progressos em anatomia, investigando o cérebro, o sistema nervoso, o sistema de veias e artérias, os órgãos genitais e o olho. Mostrou interesse pelo fígado e o intestino e obteve avanços em ginecologia.

Outro médico grego que trabalhou para Ptolomeu II Philadelphus e fez pesquisas na Escola de Medicina de Alexandria foi Erasistrato, que escreveu muitos livros sobre anatomia, respiração e funções do coração. Escreveu também sobre regimes alimentares. Galeno, cirurgião grego que viveu em Pérgamo, no século II a.C., visitou Alexandria e deixou-nos apreciáveis registros dos trabalhos ali desenvolvidos.

A ASTRONOMIA DE ALEXANDRIA

Investigar o universo sempre foi uma preocupação dos sábios, e em Alexandria ela esteve muito presente através de uma importante Escola de Astronomia.

Eratóstenes, matemático e geógrafo que se tornou o segundo bibliotecário de Alexandria em fins do século III a.C., foi um dos maiores sábios de seu tempo. Apresentou várias contribuições matemáticas, entre as quais o conhecido *crivo de Eratóstenes*, um

método usado ainda hoje para encontrar números primos. Sua contribuição mais significativa foi com a obra *Geografia*, que permaneceu por longo tempo como uma das principais obras de consulta na área.

Aristarco de Samos, outro grego que trabalhou em Alexandria entre 310 e 230 a.C., merece uma referência destacada na história da ciência, pois foi o primeiro astrônomo a propor uma *teoria heliocêntrica*, colocando o Sol no centro do universo.

Hiparco de Nicéia, no começo do século II a.C., fez medidas muito aproximadas das distâncias do Sol e da Lua, aproveitando um eclipse total do Sol que ocorreu em 190 a.C. Embora não tenha vivido em Alexandria, seu trabalho teve fundamental importância para as realizações de Claudius Ptolomeu, astrônomo da Escola, que viveu na cidade entre 100 e 170 d.C. Claudius Ptolomeu não era parente dos reis Ptolomeu, cuja dinastia terminara antes de Cristo. O nome era provavelmente uma referên-

cia a sua região de nascimento, o que confundiu os escritores medievais, que o caracterizavam como um rei. Sua obra *Grande síntese matemática*, que os árabes chamaram de *Almagesto*, tornou-se a base da astronomia matemática até o século XVII e foi usada por Copérnico e Kepler. Tendo aproveitado vários conhecimentos de Hiparco, Ptolomeu voltou a propor o *sistema geocêntrico*, que permaneceu até Copérnico. Assim, o sistema ptolomai-



Ptolomeu (com uma coroa, pois no século XVI, quando foi feita a ilustração, ainda se acreditava que ele fosse rei) medindo a distância zenital.

co passou a ser sinônimo de geocêntrico, e o sistema copernicano, proposto mais de quinze séculos depois, de heliocêntrico.

Alexandria foi ainda sede de uma florescente escola judaica de língua grega, de 30 a.C. até o ano 642, resultante do entrosamento da cultura hebraica, do neoplatonismo e do gnosticismo oriental. Os judeus alexandrinos, esquecidos da língua materna, traduziram seus livros sagrados para o grego, constituindo a chamada *Tradução dos setenta*. O judeu Filon (20 a.C. -30 d.C.) é o nome mais eminente dessa escola.

Houve também em Alexandria uma escola cristã que, buscando evitar os erros do paganismo, procurava conciliar os princípios do pensamento antigo com o Evangelho, que teria sido introduzido nessa cidade por Marcos o Evangelista no século I. No começo do cristianismo o Patriarcado de Alexandria era um dos cinco grandes patriarcados da Igreja cristã, junto com Antioquia, Roma, Constantinopla e Jerusalém. Entre os grandes apologistas cristãos citam-se os nomes de Clemente, Orígenes, Héracles e Dionísio.

No encerramento de nossas referências a Alexandria neste capítulo, não podemos deixar de citar a primeira mulher reconhecida como cientista na época: Hipácia, matemática e filósofa neoplatônica, era a dirigente do Museu de Alexandria e foi assassinada brutalmente, em 415 d.C., quando a biblioteca foi queimada por insti-

gação de monges cristãos, que a viam como um centro herético. Em 640, com a invasão islâmica, a famosa Biblioteca de Alexandria foi mais uma vez, e agora definitivamente, incendiada, mas antes disso sábios árabes tinham se apropriado de muitos de seus conhecimentos, como veremos no próximo capítulo.

UM POUCO SOBRE OS ROMANOS

Quando recordamos a importância que teve na história da civilização o grande império que se formou tendo Roma como seu epicentro, e nessas considerações olhamos as dimensões temporais (desde o século III a.C. até o século XV) e espaciais (da Itália à Grécia e Oriente Médio, todo o norte da África e quase toda a Europa), deveríamos esperar grandes contribuições científicas desse povo tão poderoso. Quando se comparam os romanos com os gregos, se afirma que

"(...) os habitantes de ambos os países manifestaram diferenças notáveis em seu desenvolvimento e em suas realizações, o que parece indicar que pertenceram a raças diferentes. Os romanos estavam dotados de um sentido de exaltação estatal, de aptidões excepcionais para a estratégia, a administração e a jurisprudência; por outro lado, possuíam pouca força criadora intelectual, se bem que numerosas compilações que vieram à luz parecem indicar sua notável curiosidade pelas coisas da natureza. Suas artes, sua

ciência e até sua medicina foram importação grega (...). Parece que os romanos só se interessavam pela ciência quando viam nela um meio de realizar obras práticas na medicina, na agricultura, na arquitetura e na engenharia. Começaram por beneficiar-se das correntes de pensamento sem preocupar-se em repor seus depósitos e mananciais — que é o amor da cultura por si mesma —, e assim dentro de poucas gerações, secou a fonte e com ela a corrente" (10: 83).

Há, no poderoso Império Romano, vários enciclopedistas e compiladores de obras que merecem destaque:

Varrão (116-27 a.C.) apresentou nove artes liberais (gramática, dialética, retórica, geometria, aritmética, astronomia, música, medicina e arquitetura) e escreveu sobre todas elas. Desses escritos somente se conservou um sobre temas agrícolas e outro sobre a língua latina.

Vitrúbio, engenheiro militar, escreveu um tratado sobre arquitetura, a ele acrescentando uma relação completa de conhecimentos afins, inclusive um tratado sobre acústica de ambientes.

Caio Júlio César (100-44 a.C.) estabeleceu o calendário juliano reformado, no qual o ano vale 365 e 1/4 dias. Esse calendário foi usado até 1582, quando atingiu um erro de dez dias.

Virgílio (c. 30 a.C.) escreveu as *Geórgicas*, apresentando a arte da agricultura em forma poética.

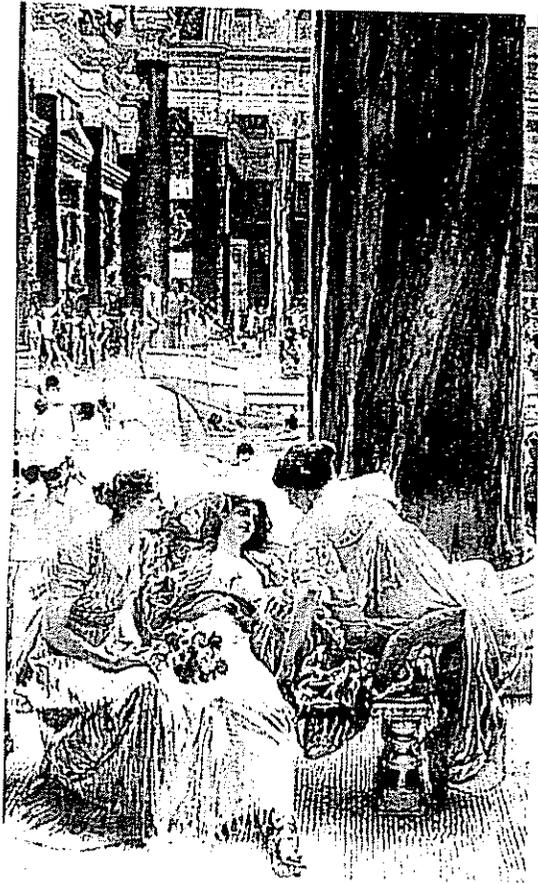
Aurélio Celso, no ano 30 d.C., escreveu uma enciclopédia que reunia diferentes ramos do saber; dela só se conservou a parte referente à medicina.

Plínio o Velho (23-79 d.C.) escreveu uma enciclopédia que ainda hoje se conserva completa. É uma *História natural* em 37 volumes, que compila cerca de 2 mil obras de quinhentos autores, cientistas gregos em sua maior parte.

Júlio Frontino Sexto (40-103 d.C.) deixou excelentes observações sobre hidrodinâmica. Foi militar e engenheiro, superintendente dos aquedutos de Roma (*curator aquarum*). Frontino escreveu sobre o abastecimento de água da cidade.

A higiene pessoal dos romanos estava entre suas maiores preocupações, e para os ricos era mais importante possuir um sistema de água para banho e toalete do que para cozinha. Os banhos assumiam também a dimensão de coisa pública. As casas de banho ocupavam nas cidades os maiores edifícios, rivalizando com os circos e templos em prioridade e conforto. O abastecimento de água para as cidades adquiriu conotações políticas e os famosos aquedutos romanos foram obras que se perpetuaram por muitos séculos.

Soluções para problemas de provisão de água e seu aquecimento foram as grandes realizações tecnológicas de então. Um sistema de eliminação das fezes com água corrente já era usado no primeiro século de nossa era, quando sabemos, por exemplo, que, até a me-



Uma das famosas e primorosas casas de banho nas Termas de Caracala, que atestam os conhecimentos práticos dos romanos

tade do século XX, em muitas de nossas cidades, os dejetos humanos ainda eram recolhidos em barricas de madeira (cabungos ou cubeiros). As latrinas romanas eram dotadas de muito conforto e parecem ter sido lugares que as pessoas apreciavam, como atestam as muitas inscrições encontradas em escavações, como esta: "Apolinaris medicus Titi imp hic caucuit bene" ("Apolinário, médico

do imperador Tito, deu uma boa cagada aqui").

Na arquitetura a genialidade dos romanos destacou-se particularmente. A eficiência constituía a preocupação essencial, tanto nos programas económicos (portos, mercados, construções hidráulicas) como nos edifícios destinados a divertimentos (Coliseu, termas, circos). A robustez do material permitia criar enormes espaços, com a construção de arcos em pontes, abóbadas enormes em termas e cúpulas em panteões, o que exigia muitos estudos matemáticos. Essas construções pediam adornos, e o uso de materiais cerâmicos foi muito desenvolvido. A cúpula do Panteon de Roma, construída no ano 128, é, ainda nos dias atuais, uma das cinco maiores do mundo.

A partir da época do imperador Adriano (117-138) a economia começou a se deteriorar. Não houve mais conquistas de novas terras e a defesa dos limites do império tornou-se cada vez mais difícil. Além disso, o exército representava uma onerosa carga para ser mantida, embora cada vez mais imprescindível devido às

constantes invasões dos chamados "bárbaros". A moeda perdia continuamente o valor por causa da inflação e a economia reduziu-se a um sistema de troca de bens produzidos e consumidos localmente. As cidades decaíram e perderam população, pois os poderosos transferiram-se para suas vilas campestres, que passaram a substituir as cidades como centros económicos.

O Império Romano do Oriente, ou Império Bizantino, resistiria aos bárbaros e sobreviveria até o final da Idade Média (1453). Quanto ao Império Romano do Ocidente, desmoronou e fragmentou-se sob as invasões bárbaras. Em 476 desapareceu o último im-

perador, Rômulo Augústulo, destronado por Odoacro. Com o estabelecimento dos bárbaros no Império Romano do Ocidente, a organização económica chegou ao colapso. Estradas, pontes e aquedutos se deterioraram e desapareceram. As minas foram abandonadas, as fábricas de cerâmica fechadas e os desenvolvimentos técnicos diminuíram. Desapareceu a tradição filosófica e científica. Houve um acentuado retrocesso cultural. Os sábios se refugiaram na Igreja ou se converteram em funcionários dos reis bárbaros. Em alguns centros religiosos permaneceu o cultivo da cultura clássica, que se uniu à ciência proveniente do Islã, como veremos adiante.

A civilização ocidental, no período que segue, ingressa na chamada Idade Média, que conheceremos um pouco mais no capítulo 5. Antes convidado o leitor para, juntos, olharmos um pouco os árabes, que prestaram inestimável contribuição à ciência.

4 Os ÁRABES: PLAGIADORES OU CRIADORES?

O Ocidente, até recentemente, desconheceu a ciência, a filosofia e a educação do Oriente.

Antes de voltarmos nossa atenção para os árabes, vale rever os comentários sobre a ciência no Extremo Oriente nos seus primórdios (cap. 1) e percorrer seu desenvolvimento nos quinze séculos que iniciam a nossa era. Nesse período o intercâmbio entre Ocidente e Oriente foi muito pequeno, embora não tenha se restringido, como se supõe, às famosas viagens do veneziano Marco Polo (1254-1324), que permaneceu cerca de dezessete anos na China, como funcionário da corte imperial. Quando, anteriormente, falamos dos primórdios da construção do conhecimento, destacamos as civilizações chinesa e hindu. Agora vamos olhar um pouco a seqüência dessa construção.

Até recentemente (segunda metade do século XX), pouco sabíamos sobre a ciência do Oriente (principalmente a da China, o maior núcleo populacional da Terra) antes de sua integração ao Ocidente, no século XVII. Nesse século houve a

“evangelização do Oriente”, e os missionários, em sua maioria jesuítas, não eram apenas portadores da “boa nova”; entre eles havia lingüistas, matemáticos e especialistas em vários campos da ciência. Foi a partir daí que o Ocidente deu-se conta da religião e da cultura dos povos não-cristãos: A Europa passou a reconhecer que fora de seu território havia “homens exemplares e virtuosos”, apesar de eles não possuírem “nenhuma religião real”, surgindo daí o conceito do “bom selvagem” que deveria ser tratado com respeito, não como bárbaro, até mesmo porque possuía “uma religião natural, no lugar de uma religião revelada por Deus”. Essa nova percepção originou um movimento conhecido como *deísmo*, “uma doutrina que tanto pode acreditar na existência de um Deus criador quanto na imortalidade da alma ou na universalidade da moral” (22: 66), contrariamente ao *teísmo*, “que afirma a existência de um Deus úni-

co, onipotente e onisciente, criador do universo, tal como na tradição judaico-cristã” (22: 233). Com a chegada do Evangelho, a ciência da China e a da Índia deixam de manter suas identidades distintas e começam a integrar-se ao cenário científico internacional.

A CIÊNCIA CHINESA

A China manteve-se isolada por razões geográficas; mesmo tendo uma extensa costa, não realizava comércio marítimo devido às distâncias e ao fato de a maior parte do país estar voltada para o leste. As comunicações por terra com o Ocidente eram também dificultadas pelas distâncias, com muitos entraves naturais. Outra grande barreira era a língua, principalmente quanto ao aproveitamento das ciências naturais chinesas, pois os ocidentais que viajavam para a China e sabiam o chinês, em sua maior parte, não eram de áreas científicas, não tendo feito registros significativos desses conhecimentos. Por outro lado, a interpretação dos textos chineses primitivos tem sido facilitada pelo fato de a escrita chinesa ter se mantido inalterada desde a Antigüidade até hoje. Essa escrita é ideogramática, isto é, composta por ideogramas, sinais gráficos que representam diretamente uma idéia e não o som que exprime a idéia, como na escrita fonética, mais sujeita, por isso, a alterações ao longo do tempo.

A China, no começo de nossa era, também sofreu modificações, devido a um grande número de invasões que, em geral, terminavam com a aculturação dos invasores. Em 589 o território foi unificado, surgindo uma nova dinastia, a Sui. Outra dinastia, a T'ang, durou de 613 a 907, período de grande brilho para as artes, principalmente para a literatura, com o ensino dos clássicos confucianos e a presença dos célebres poetas Li T'ai Po e Tu Fu. Os funcionários eram recrutados mediante exames de conhecimento e principalmente da capacidade de resolver difíceis problemas de cálculo, para os quais o ábaco era instrumento indispensável. Ao se desenvolver mais o conhecimento científico, houve uma reação contra o idealismo religioso.

No século VII os chineses trabalhavam com o valor de π (pi) correto com sete casas decimais. Li Ie (1178-1265), notável matemático chinês, realizou progressos na álgebra, dispondo de sistemas para notações de equações com quatro incógnitas. Em 1299, outro matemático, Tchu Che-Kie, publicou sua *Introdução à ciência do cálculo*, que foi a fonte da álgebra japonesa.

A cartografia chinesa foi sempre muito adiantada, talvez devido às extensões territoriais, e seus mapas já assinalavam o norte sempre na parte superior. A origem da bússola chinesa está nas técnicas de adivinhações e de geomancia, que consistia em fazer girar uma colher e ver em que direção ela se deteria. A astronomia teve considerável

progresso na China. No século V houve a construção de esferas armilares*, dotadas de rodas hidráulicas, que permitiam seguir o movimento diurno de diferentes estrelas e medir suas posições. Em 1092, Su Song descreveu um grande relógio astronômico, com o movimento giratório de um globo celeste e de uma esfera armilar. Os sábios neconfucianos davam explicações para os fenômenos celestes. Tchu Hi, que é comparado com Santo Tomás de Aquino, explicou o universo como formado de *K'i* (sopro, energia, matéria) e *li* (estrutura, ordem, disposição)

Já em tempos muito antigos, os chineses tinham uma teoria sobre a constituição da matéria baseada em cinco elementos: metal, madeira, terra, água e fogo. *Cinco* era para eles um número muito importante, pois quase tudo o que existe (planetas, cores, virtudes) era classificado em cinco categorias. A doutrina do *yin* e do *yang* guarda semelhanças com os *pares de Empédocles* (amorfóidio). *Yin*, princípio feminino, negativo, pesado, téreo, úmido, frio, escuro, morto, é representado pela Lua. *Yang*, princípio masculino, positivo, rápido, seco, quente, luminoso e vivo, é representado pelo Sol. A busca é a do equilíbrio entre *yin* e *yang*. Esses conceitos foram incorporados ao taoísmo, fundado por Lao Tse.

Os alquimistas chineses queriam fabricar o ouro porque acreditavam que, comendo-o, alcançariam a vida eterna e se converteriam em *hsien*, seres imortais com poderes

sobrenaturais. Como o ouro natural era caro e os alquimistas pobres, restava-lhes a alternativa de tentar fabricá-lo. No final do século IV, a alquimia chinesa foi abandonando as superstições e a magia, e já no século VI havia dois ramos: a alquimia exotérica (*wai tan*), que se ocupava das substâncias concretas, e a alquimia esotérica (*nei tan*), que operava sobre as *almas* de tais substâncias. Em 808 apareceu um dicionário de alquimia, com 335 verbetes, elaborado por Mei Piao (40).

Os alquimistas e protoquímicos chineses projetaram, para realizar seus experimentos, aparelhos como fornos, fornalhas e vasos onde podiam efetuar reações utilizando como estabilizadores o isolamento térmico, banhos de água e outros. Fizeram uso de balanças (similares às romanas) e tubulações de bambu em muitas aparelhagens. Mesmo tendo conhecido o uso do alambique para a destilação do álcool, já no começo de nossa era (ou talvez já antes) usavam uma técnica de congelamento para produzir álcool concentrado. Também muito antes dos ocidentais, os chineses usavam preparados de compostos metálicos, como, por exemplo, sulfetos de arsênio para fins medicinais.

Sendo a China um país eminentemente agrícola, desenvolveram-se, nas áreas da agronomia e botânica, grandes conhecimentos no controle de insetos e plantas daninhas, além de processos de armazenagem de safras e de manufatura dos produtos. Contando com uma

agricultura avançada para alimentar sua grande população, era natural que tivessem também a preocupação de manter essa população forte e saudável. Sua medicina é ligada à tradição, e só muito recentemente o Ocidente passou a aceitá-la, através, por exemplo, da incorporação de técnicas acupunturistas.

A medicina chinesa sofreu influência hindu e tem na teoria dos cinco elementos seu ponto alto. O *Tratado geral das causas e dos sintomas das moléstias*, publicado em 610, descreve moléstias e tratamentos da varíola, do sarampo, da peste bubônica, da disenteria, do cólera, do raquitismo, enumerando 1.710 moléstias classificadas em 67 divisões.

O desenvolvimento da imprensa e da gravura em madeira permitiu, desde o século XI, a publicação de verdadeiros tratados ilustrados de botânica. No século XVI, Li Che-Tchen publicou o célebre *Pen Ts'ao Kang Mu*, com 142 ilustrações, onde estão descritos 1.074 substâncias vegetais, 443 animais e 217 minerais.

A pólvora, a bússola e a imprensa, que tiveram papel decisivo no Ocidente, na passagem da Idade Média para os tempos modernos, haviam sido inventadas na China muitos séculos antes.

Mesmo com tantos desenvolvimentos, até mais avançados que os do Ocidente, não ocorreu na China uma revolução científica nem significativos avanços na filosofia, como irá ocorrer na Europa. As realizações dos chineses eram ligadas

às necessidades de vida, sem pretender alcançar o *status* de ciência. Não houve tentativas de romper com a ortodoxia, marcada por um Estado burocrático influenciado por posturas impostas por Confúcio. É importante reconhecer, por outro lado, que, mais recentemente, o Ocidente tem buscado se adaptar a certas concepções orientais sobre o universo, especialmente no que se refere a uma visão mais holística*, residindo nesse intercâmbio uma possível solução dos problemas da humanidade neste final de milênio.

A CIÊNCIA HINDU

Do começo de nossa era até o advento do islamismo (que comentaremos adiante), a Índia se desenvolveu com muito poucas influências externas. Houve contribuições de seus vizinhos mais próximos, os chineses, e inclusive há traços marcantes da filosofia grega. Mas os contatos significativos com o Ocidente só ocorreram a partir do século das grandes navegações, momento em que os portugueses, principalmente, estabeleceram no território bases comerciais e pólos de evangelização através de missionários jesuítas.

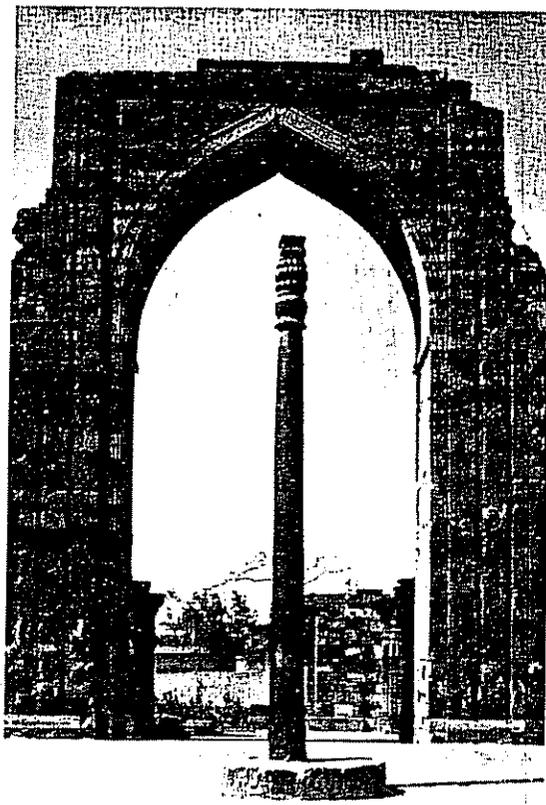
A Índia se desenvolveu, no começo de nossa era, marcada fortemente pelo hinduísmo, religião animista com grande número de deuses, sendo as atividades religiosas dirigidas para a busca de sintonia com esses deuses. Com o advento do budismo, a meta tornou-se alcançar o nirvana (a plenitude, com a total ausên-

cia de sofrimento), através da renúncia ao mundo e à individualidade. O desenvolvimento da ciência não estava entre as preocupações capitais dos hindus.

A matemática hindu conheceu grandes progressos, principalmente na área do cálculo, na qual usavam as varetas de contagem e trabalhavam com grandes números (10^{12} , ou um milhão de milhão) em suas investigações astronômicas. Os numerosos hindus foram assimilados da matemática muçulmana de Al-Khwarizmi, no século IX d.C. Há alguns matemáticos de destaque na Índia, nesse período: Ariabata I calculou o valor de π até a quarta casa decimal e chegou a propor uma geometria esférica, que já era conhecida pelos gregos desde Anaximandro. Essa geometria esférica era fundamental para se pensar uma concepção do universo, mesmo que ainda geocêntrica. Bramagupta produziu uma série de trabalhos matemáticos, como o cálculo do volume de um prisma, o cálculo da área de figuras inscritas no círculo e o estudo de progressões. Bascara (ou Bhaskar), nascido em 1114, cujo nome certamente nos evoca a solução de equações algébricas do 2º grau, foi

também um importante astrônomo. Seu tratado de álgebra foi base para a álgebra da Europa alguns séculos depois.

A química na Índia foi mais pragmática, relacionada com a cerâmica e com a metalurgia. São famosos os pilares de ferro produzidos pelos fundidores hindus. A tinturaria, a manufatura de pigmentos, o fabrico do vidro também eram desenvolvidos, porém sem que se tenha informação de tentativas de pesquisas teóricas sobre isso.



Pilar de ferro de Delhi, na Índia, que, sem ferrugem há mais de quinze séculos, evidencia o grande conhecimento hindu da metalurgia

As teorias budistas estimularam o surgimento de uma teoria atômica, com os quatro elementos associados a uma quintessência de provável influência grega. Na física o movimento era explicado pela teoria do ímpeto, mais elaborada que as propostas aristotélicas de movimento natural e violento.

A base da medicina na Índia parece estar nas preocupações com a higiene, o que ensejou avanços no processo de cura de muitas moléstias. Os hindus védicos reuniram uma considerável coleção de fatos sobre formas, estruturas e disposições internas de plantas, e há indicações de usos medicinais de raízes, caules, brotos, folhas, frutos e sementes.

Com o advento dos árabes, foi muito significativa a contribuição dos hindus aos conhecimentos científicos que traziam os dominadores. É importante destacar que, com o avanço da ciência nos tempos modernos, a Índia, mesmo sem contribuir para a chamada revolução científica, continuou com renome mundial em alguns campos da matemática e da física, como a descoberta do efeito Raman, relacionado com a difusão da luz, por Chandrasekhara Raman (Prêmio Nobel de Física, 1930).

AGORA OS ÁRABES

É difícil sintetizar a significativa contribuição dos árabes para o progresso da ciência. Devido a nossa formação ocidental judaico-cristã, vemos os mouros mais como bár-

baros do que como responsáveis por significativos avanços na ciência. Geralmente os árabes são apresentados apenas como copistas ou plagiadores, ou, no máximo, como simples transmissores e, muito raramente, como inventores ou descobridores. É preciso nos despirmos de muitos preconceitos para entender a grande contribuição dos árabes.

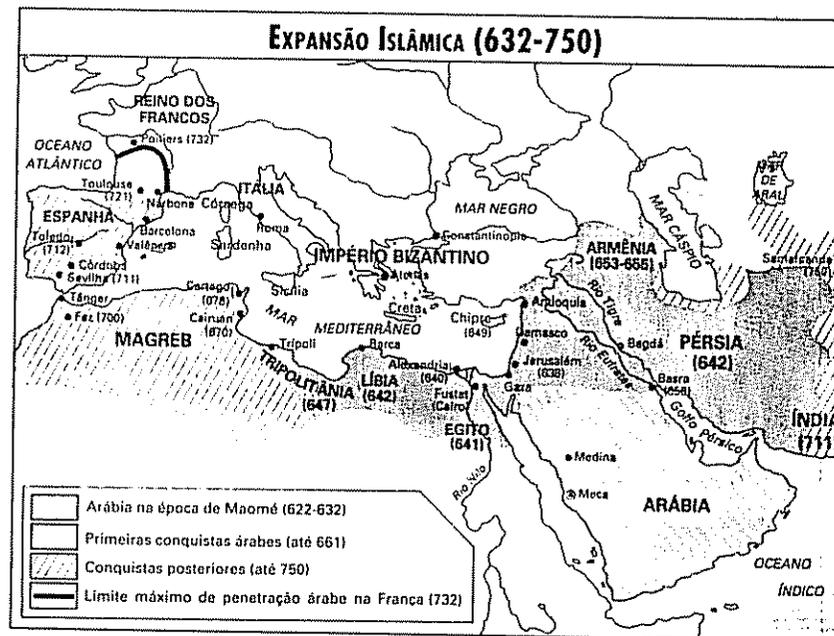
Quando falamos em ciência árabe, não podemos tomá-la como sinônimo de ciência muçulmana, porque antes do advento do islamismo os povos árabes já tinham realizado significativas contribuições ao desenvolvimento científico. Vale recordar a localização de Alexandria, referida no capítulo anterior, como pólo difusor do saber. Assim, ao falarmos de ciência árabe, nos limitamos àquela veiculada em língua árabe, onde se inclui o imenso cabedal de conhecimentos assimilados dos hindus, dos persas e, principalmente, dos gregos. Pode-se afirmar que a ciência árabe é, antes de mais nada, um prolongamento da ciência grega.

A religião islâmica surgiu quando Maomé*, filho de mercadores, teve uma visão do anjo Gabriel, que lhe fez revelações enfeitadas posteriormente num livro sagrado, o Corão ou Alcorão. Maomé assumiu o papel de profeta de um Deus único e verdadeiro, Alá. A elite governante de Meca não aceitou os ensinamentos de Maomé, que fugiu para Medina. Essa fuga é conhecida como Hégira, e é o ponto de partida da cronologia muçulmana, no ano 622 de nossa era. Em Medina,

Maomé estruturou a nova religião. Voltou após oito anos para Meca, conquistada sem derramamento de sangue. A partir de então colocou-se na religião o ponto de agregação dos árabes, com a nação transformando-se em um império teocrático. Maomé morreu em 632, mas seus seguidores continuaram a difundir seus ensinamentos e rapidamente conseguiram realizar a notável tarefa de reunir numa única religião monoteísta as várias tribos da Península Arábica.

A expansão do islamismo, isto é, da religião e do império político muçulmano, iniciou-se com a conquista da Síria, da Palestina, da Pérsia e do Egito. Por volta do século VIII, os domínios já se estendiam, no Ocidente, até o Marrocos e a Espanha, e, no Oriente, até a Índia.

Durante os dois séculos que se seguiram à morte de Maomé houve uma intensa atividade teológica no Islã. Paralelamente ao interesse teológico, surgiu um interesse pelas ciências da natureza. O Corão leva, com frequência, os fiéis a observar o céu e a terra a fim de descobrir provas favoráveis à sua fé. As tradições do profeta contêm descrições que constituem um incentivo ao fazer ciência: "Buscai a ciência desde o berço até a sepultura, nem que seja na China". Ou ainda: "Aquele que caminha na procura da ciência, Deus caminha com ele na estrada do paraíso". É verdade que essa ciência (*ilm*) é, sobretudo, o conhecimento da religião. No Islã há uma associação do saber religioso e do saber profano, e a religião mantém-se em simbiose com



o Estado. Essa é a razão de as guerras muçulmanas terem o "Crê ou morre" como divisa.

As condições religiosas surgidas foram facilitadoras de um grande impulso oferecido pelos sábios muçulmanos aos sábios de todas as confissões e de todas as raças, mobilizando-os para a produção em língua árabe. A ciência tornou-se uma instituição do Estado muçulmano, e os califas trabalharam para a sua instauração e para o seu desenvolvimento. Há nomes cuja ação tornou-se lendária: Khalid, o "príncipe filósofo", al-Mansur, o fundador de Bagdá

Al-Farabi (870-950), filósofo damasquenho dos mais importantes no Islã, propôs uma classificação do conhecimento em cinco ramos:

- a) lingüística e filologia;
- b) lógica;
- c) ciências matemáticas (aritmética, geometria, perspectiva, astronomia, ciência da gravidade, mecânica);
- d) física e metafísica;
- e) ciências políticas, jurídicas e teológicas.

Al-Farabi, de influência marcadamente aristotélica, mostrou como o pensar grego permitia resolver problemas contemporâneos e escreveu obras de metafísica e música. Nos seus estudos de física falou da transmutação de substâncias.

O sistema atômico dos gregos e os problemas de tempo e espaço apresentados nos paradoxos

de Zenão estimularam o pensamento muçulmano, que recebeu também influência do atomismo budista da Índia. Tentou-se explicar a natureza dentro da ortodoxia de Maomé, elaborando-se uma teoria onde

"o mundo se compõe de átomos exatamente iguais, que Alá cria novos a cada momento. Também o espaço é atomístico e se compõe de 'agoras' indivisíveis. As qualidades das coisas são acidentes pertencentes aos átomos, que são criados e recriados por Alá".

A filosofia grega, com os árabes, se transformou em um monoteísmo radical.

Na segunda metade do século VIII era definitiva a hegemonia do Oriente sobre a Europa. A química (*al-kîmiyâ*) prática se ocupa do trabalho com metais e da preparação de drogas. Os minerais classificam-se em:

- a) espírito: substâncias que se volatilizam inteiramente em contato com o fogo;
- b) corpos metálicos: substâncias fusíveis e passíveis de serem marteladas;
- c) corpos: ou substâncias minerais, fusíveis ou não, que não podem ser marteladas nem pulverizadas.

Os "espíritos" são cinco: enxofre, arsênico, mercúrio, amoníaco e cânfora. Os metais são sete: chumbo, estanho, ouro, prata, cobre, ferro e *carsi*. Sobre o *carsi*

ni, a informação era de que ele não ocorria na natureza, mas, provavelmente, já era usado na Europa para o fabrico de panelas e relógios. Podemos supor que esse metal fosse o bronze.

São claras, nos relatos da época, as descrições da busca da transmutação de metais menos nobres em ouro e do elixir vital. Na alquimia árabe está muito presente a idéia de que o enxofre (ou fogo) e o mercúrio (ou líquido) constituem elementos primários que, quando combinados, produzem ouro. O ouro é considerado um metal sadio, enquanto os outros metais (doentes) devem ser tratados para, quando curados, se transmutarem em ouro. Assim, a transmutação de metais em ouro não era apenas um processo físico, mas o envolvimento de um princípio superior que operava no mundo natural e estava ligado à idéia de um *elixir* que era ele mesmo relacionado com conceitos alquímicos de morte e de ressurreição.

Os nomes de Jabir, Razes, Avicena, Al-Farabi e Al-Kindi são importantes no que se refere às transmutações, associadas a diferentes combinações de mercúrio e enxofre.

"Entre a infinidade de nomes da alquimia árabe, há dois que a iluminaram 'como um meteoro que brilhou através do céu'. Meteoro que parece ter deixado sua luminosidade no Ocidente, na Espanha árabe, de onde a alquimia européia só seria incendiada no século XII. São eles Jabir e Razes" (2: 19).

Jabir, ou Abu-Musa-Jâbir-ibn-Haÿan, no século VIII, foi um famoso químico árabe cujos escritos foram aproveitados por Berthelot, mais de dez séculos depois. Consta que Jabir preparou o carbonato de chumbo, separando o arsênio e o antimônio de seus sulfitos, descobriu a refinação dos metais, preparou o aço e obteve o ácido acético da concentração do vinagre. Sustentava que os seis metais conhecidos se distinguiam pela "diferente proporção na combinação do enxofre e do mercúrio, sendo a proporção mais perfeita a do ouro"

Há os que acreditam que Jabir tenha sido uma lenda, tal a quantidade de conhecimentos a ele atribuídos e descobertos muitos séculos depois. O chamado "*corpus jabiriano*", calculado em 3 mil escritos distintos, talvez não pudesse ser atribuído a uma só época e a um só autor. Na Europa, séculos depois, surgiram obras atribuídas a um certo Geber que provavelmente são de autoria de Jabir.

Razes, que teria vivido entre 854 e 925, interessou-se pela medicina só após os trinta anos, mas veio a tornar-se um médico de tal estatura que dirigiu o hospital de Bagdá. Sua obra na área médica é de tal envergadura que é considerada um dos trabalhos mais importantes da medicina árabe, tendo sido utilizada pela escola holandesa até o século XVI. Razes foi um grande experimentador e parece ter acreditado num tipo de atomismo precedendo a formação dos

elementos; aceitava a possibilidade de transmutação. Em vez da complexa teoria das proporções, Razes sugeriu uma seqüência de operações experimentais para a transmutação de metais em pedras preciosas. Atento às mudanças de cor, textura, cheiro e forma, Razes usava essas propriedades como guias de um processo dividido em várias etapas: purificação, fusão, desintegração, dissolução, coagulação. Em Razes devemos buscar a origem da iatroquímica (doutrina médica que só surgiu na Europa no século XVI), com a preparação dos "elixires".

Avicena, chamado o "príncipe dos médicos" e uma autoridade em Aristóteles, também explica como os diferentes metais se transformam pelas diferentes combinações de enxofre e mercúrio (2).

Os árabes ampliaram a aritmética dos gregos, reunindo os diferentes processos de cálculo até então conhecidos. Havia muitos problemas práticos como arrecadação de impostos, cálculo da esmola legal e divisão de herança segundo a lei alcorônica, que exigia o estabelecimento de regras baseadas em proporções para resolvê-los. A algebrização, no século IX, é importante nos trabalhos de Al-Khwarizmi, de Abu Kamil e de Abu'l-Wafá, onde a solução de equações aparece acompanhada por figuras geométricas. A classificação das equações dos diversos graus foi publicada por um poeta que permanece ainda hoje muito célebre: Omar Khayyam.

A astronomia era considerada no mundo árabe como a mais nobre, a mais elevada e a mais bela das ciências. Encontrava-se ligada às exigências religiosas, como a determinação da hora das preces, do mês de Ramadã e da orientação para Meca. Era utilizada uma obra de astronomia hindu, o *Sidanta*, traduzida do sânscrito. Nos califados havia observatórios astronômicos, onde os astrônomos verificavam e, se preciso, corrigiam os trabalhos de Ptolomeu.

O corpo maior do saber antigo chegou à Europa através da civilização árabe. Sabemos como o mundo ocidental recebeu os conhecimentos dos árabes. A Espanha foi o reino mais distante das conquistas maometanas no Ocidente e nela ocorreu o caldeamento das civilizações judaica, árabe e cristã. Pode-se aceitar como sendo a árabe a que melhor contribuição prestou. Os judeus sefarditas*, descendentes dos deportados por Ciro para a Espanha, preservaram a cultura alexandrina, muito contribuindo nessa miscigenação.

Durante três séculos floresceu na Espanha o reino godo ocidental, impondo a lei e a ordem desde sua capital, Toledo, uma linda cidade moura implantada no território espanhol. A partir do início da reconquista do território árabe pelos cristãos, no final do século XI, ocorreu na Península Ibérica uma aproximação de culturas. Uma verdadeira torrente de estudiosos, principalmente tradutores, se fez presente naquelas paragens. A esses tradutores

res espanhóis devemos o acesso aos textos gregos de Aristóteles, Ptolomeu, Euclides, dos médicos gregos, de Avicena, de astrônomos, astrólogos, matemáticos e alquimistas. É importante verificar como e quando esse conhecimento retornou à Europa. Desse período de Espanha moura, dois nomes merecem destaque, já no século XII, pelas contribuições importantes que legaram ao Ocidente: Averróis e Maimônides.

Averróis (em árabe Abu al-Walli Muchammad ibn Roschd) (1126-1198), nascido em Córdoba, apresentou novas concepções nas relações entre filosofia e religião que produziram verdadeiro choque. Embora condenadas pela Igreja em 1270, essas concepções exerceram influência profunda sobre os pensadores cristãos da Idade Média e abriram para a ciência um significativo espaço.

Maimônides (1135-1204), médico, talmudista e filósofo judeu, de Córdoba, tentou conciliar a filosofia judaica com a grega. Suas obras (*Luminária*, *Mishne Tora* e *Guia dos perplexos*) influenciaram o pensamento judeu e a filosofia cristã.

* * *

O capítulo seguinte será uma volta a "nossa" civilização ocidental. Vamos conhecer um pouco da Idade Média, que já foi chamada de noite de mil anos. Vamos desvelar um pouco esse período do qual não sabemos muito.

Não há dúvida de que filósofos, médicos, cientistas, geógrafos, historiadores, astrônomos, matemáticos, físicos e químicos árabes contribuíram para que a humanidade compreendesse melhor o mundo natural. Certamente esta foi a grande contribuição do Oriente: preservar, ampliar e dar conhecimento ao Ocidente da caminhada da ciência nos tempos anteriores. As invasões dos turcos e dos mongóis e a expulsão dos árabes da Europa decretaram a decadência da ciência árabe, que, mesmo não alcançando a ciência moderna, foi a verdadeira ponte para que isso depois ocorresse na Europa.

Assim, entendemos como ciência árabe essa imensa produção de pelo menos meio milênio (séc. VII a XII), quando esses herdeiros dos gregos impulsionaram o conhecimento. Foram suas obras que, traduzidas para o latim, desencadearam no Ocidente, no século XII, um novo renascimento científico, quando filósofos e cientistas da cristandade assumiram continuar a construção do conhecimento, como veremos nos capítulos seguintes.

5 IDADE MÉDIA: NOITE DE MIL ANOS OU...?

Idade Média: milênio que antecedeu os tempos modernos, do qual, talvez, saibamos menos que da remota Antigüidade...

Depois de nossas considerações sobre o desenvolvimento da ciência no Oriente, onde ultrapassamos o primeiro milênio de nossa era vendo florescer, e também declinar, a civilização árabe, voltamos ao Ocidente, então constituído pela Europa. Agora vamos ver como se desenvolveu a ciência no Ocidente antes da chegada dos árabes e como ocorreu a preparação para a revolução científica, o que significa considerar a cristandade na Idade Média.

A Idade Média é o milênio transcorrido entre o término da Idade Antiga (identificado com a queda do Império Romano do Ocidente, em 476) e o surgimento do Renascimento (ou a tomada de Constantinopla* pelos turcos, em 1453, ou, ainda, a descoberta da América, em 1492). Este período já foi chamado de "Idade Obscura" ou "Noite de Mil Anos", e o adjetivo "medieval" (ou "medievo"), às vezes, quer significar retrógrado ou obscuro, mesmo que se faça outra leitura desse

milênio, principalmente do seu final. Já vimos que neste mesmo período a ciência no Oriente estava em grande desenvolvimento.

A Idade Média pode ser dividida em quatro períodos:

I. A Alta Idade Média (os seis primeiros séculos), período de um nível muito pequeno de conhecimentos científicos.

II. Os séculos XI e XII, nos quais o Ocidente recebe influência islâmica, tendo como consequência um despertar para a busca do conhecimento, surgindo, inclusive, a Universidade.

III. Os séculos XIII e XIV, onde surge a chamada ciência medieval, particularmente a chamada *alquimia cristã*.

IV. A Baixa Idade Média, já no século XV, onde há um declínio da ciência escolástica, com o surgimento de conflitos de pensamento entre diferentes correntes, integrando-se a ciência na vida prática da sociedade.

O CRISTIANISMO

Já foi dito que falar de Idade Média no Ocidente é falar da Europa, mais precisamente falar da Europa cristã. O cristianismo, surgido de uma obscura seita judaica e difundido em seu início por um grupo de iletrados pescadores, sofreu inúmeras perseguições em Roma, o centro político do mundo de então. Essa religião monoteísta, tão diferente da dos deuses greco-romanos, passou a ser, a partir do século IV, a religião oficial do Império Romano, quando da conversão de Constantino Magno, em 312, após vencer uma quase impossível batalha. Na véspera, segundo a lenda, Constantino viria nos céus uma cruz luminosa com a mensagem: "Neste sinal vencerás!". A partir daí, a cruz dos cristãos, antes tão perseguida, tornou-se o estandarte romano. Após a vitória, o imperador, seus exércitos e parte do império converteram-se ao cristianismo, passando o clero cristão a ter poder civil. A influência da Igreja deixou de ser apenas marcadamente espiritual para tornar-se política e economicamente decisória, com os bispos assumindo o ônus de juizes civis.

É nessa presença tão decisiva da Igreja que está sua marca sobre o desenvolvimento da ciência medieval, ou melhor, sobre o grande fracasso da Europa em não fazer aumentar (e até perder) o acervo recebido dos gregos. Aqui temos de considerar as linhas gerais da teologia dogmática e da moral

do cristianismo elaboradas pelos primeiros Padres da Igreja*, com elementos da Bíblia judaica, da filosofia grega e de religiões e ritos míticos. Essa teologia e essa moral foram se moldando, em sucessivas gerações, com a incorporação de doutrinas resultantes dos processos de controvérsias com os hereges ou pagãos.

Orígenes (185-254) foi o primeiro a definir essas bases, buscando uma conformidade entre a cultura antiga, especialmente a ciência alexandrina, e a fé cristã. A teologia de Orígenes, por essa busca de aproximação com a ciência, foi condenada pelo Concílio de Constantinopla em 553. O cristianismo patrístico tornou-se um inimigo declarado da cultura profana e converteu a filosofia em uma "serva da teologia", desestimulando as ciências naturais. Santo Ambrósio ensinava que "as discussões sobre a natureza e a posição da Terra não nos ajudam a esperar a vida futura". A doutrina cristã passou a tomar posições antagônicas diante da cultura secular, identificando-a com o paganismo. A Biblioteca de Alexandria, com sua integração ao Império Romano, foi, mais de uma vez, destruída por ser depositária do saber pagão.

Há nomes na história do conhecimento desse período que merecem destaque

Plotino (205-270), filósofo de origem romana nascido no Egito, estudou, por onze anos, o neoplatonismo em Alexandria. Partiu para Roma, onde abriu sua Aca-

demia, tendo muitos discípulos, entre os quais nobres, senadores e o próprio imperador Galieno. Parte de sua obra é dedicada à luta contra os cristãos e os gnósticos*, embora sua interpretação espiritualista do platonismo tenha influenciado muito o pensamento cristão medieval.

Santo Agostinho (354-430) foi quem exerceu a mais profunda influência no pensamento da Igreja medieval. Suas obras *Confiteor* e *Civitas Dei* são clássicos do cristianismo. Elas retratam a passagem de Agostinho do maniqueísmo ao neoplatonismo, e depois ao cristianismo, até tornar-se o grande bispo de Hipona, na África.

São Jerônimo (341-420) foi um grande santo intelectual que promoveu uma verdadeira revolução no Ocidente ao traduzir a Bíblia para a linguagem comum (*vulgata*). Considerado o maior conhecedor de latim de seu tempo (além de grego e hebraico), fez de sua versão da Bíblia algo agradável de ser lido, podendo ser considerado, na difusão de obras escritas, um "proto-Gutenberg".

Na Alta Idade Média, um dos poucos vestígios da cultura profana são as obras de Boécio, um nobre romano que talvez fosse cristão, pois foi executado em 524. Comentou Aristóteles e Platão e propôs que se estudassem nas escolas as quatro "ciências matemáticas" do *quadrivium*: aritmética, geometria, música e astronomia.

Em 529, por ordem do imperador Justiniano, foram fechadas as escolas de filosofia gregas, inclusi-

ve a Academia que fora fundada por Platão e o Liceu de Aristóteles. Enquanto a cultura européia se encontrava em seu nível mais baixo, na corte imperial bizantina de Constantinopla e em outros países compreendidos entre a Síria e o Golfo Pérsico desenvolvia-se uma admirável cultura de origem greco-romano-judaica. Um desses primeiros centros foi a escola persa de Judishampur, que serviu de refúgio aos **cristãos nestorianos*** em 489 e aos neoplatônicos, quando foi fechada sua Academia.

Com a fundação de Constantinopla, para onde Constantino transferiu residência, Roma perdeu muito de seu poder político. Isso acentuou-se com as invasões germânicas a partir do século V. O clero assumiu Roma, passando o papa a ter também poder temporal, ocorrendo uma grande revitalização na cidade saqueada, principalmente com a instalação de igrejas nos antigos templos pagãos. A autoridade pontifícia começou a ser contestada pelo poder secular, passando as grandes famílias a controlar as eleições papais. Em 1309 o papado se transferiu para Avignon, na França, esvaziando ainda mais o poder de Roma, que só iria recuperar sua prosperidade mais de um século depois, com o grande cisma de 1420, voltando então a sediar o papado.

A Reforma protestante, que comentaremos no capítulo 6, foi significativa para as modificações que passaram a ocorrer na Igreja, trazendo novas posturas no ver e no fazer ciência.

Um Pouco sobre os Mosteiros Medievais

Já dissemos que a maioria dos textos clássicos de filosofia e ciência tinham desaparecido do Ocidente, acidentalmente nos repetidos saques a cidades ou, mais provavelmente, destruídos deliberadamente para não contaminarem a doutrina cristã. O tipo de mentalidade do europeu medieval parece ter sido marcado por uma série de variáveis religiosas e socioculturais. A Igreja, elemento preponderante na formação medieval, imprimiu normas importantes à nova sociedade germano-românica. A condenação da usura e do lucro determinou uma estrutura agrária e um comércio muito debilitados. Fazia parte do ideário da Igreja a condenação do trabalho escravo e da ociosidade. ("A ociosidade é inimiga da alma: *ora et labora*". "reza e trabalha"). Isso fez com que o europeu medieval se dedicasse com afinco ao trabalho (que não era valorizado pelas civilizações anteriores), considerando como desnecessária a aplicação de instrumentais e técnicas disponíveis para a utilização de recursos naturais que substituíssem a mão-de-obra.

Na própria vida monástica, os monges não se dedicavam apenas à contemplação e ao estudo. Parte de seu dia era dirigida à realização de tarefas do cotidiano prático. Não devemos esquecer que nos mosteiros estavam os poucos letrados da época, sendo portanto ali que, principalmente através dos copistas, se

guardava o conhecimento. Sabe-se que algumas abadias eram estrategicamente localizadas nas proximidades de rios, que tinham seus cursos desviados com a finalidade de utilizar ao máximo a potencialidade da água: fazendo rodar o moinho, era utilizada nas tarefas mais simples de lavagem e tingimento, na cervejaria, na cozinha e na fonte onde os monges faziam sua higiene, e, finalmente, na latrina, ao lado do dormitório, de onde a correnteza levava os detritos de volta ao leito principal. Havia um monge chefe da cozinha e um despenseiro que cuidava do que era produzido nas fazendas e granjas dos mosteiros. A lã era uma das principais produções dos mosteiros, sendo usada não apenas para o tecido dos hábitos, mas também vendida nas feiras. Os próprios mosteiros tinham beneficiamento da lã. Havia o camareiro que obrigava os monges a trocarem de hábito, a barbearem-se no Natal e Pentecostes, sendo recomendado um banho nessas datas, embora não fosse compulsório. Doentes e velhos recebiam cuidados especiais, havendo para isso enfermarias com precárias normas de higiene. Havia também uma cela para prisioneiros civis, que aguardavam julgamento na sede do condado, ou para monges, principalmente noviços que transgredissem as regras, das quais a falta mais grave era a comunicação com pessoas do sexo feminino. A escola era destinada quase exclusivamente à formação de membros para a Ordem, e nela eram educados, desde a infância até a vida mo-

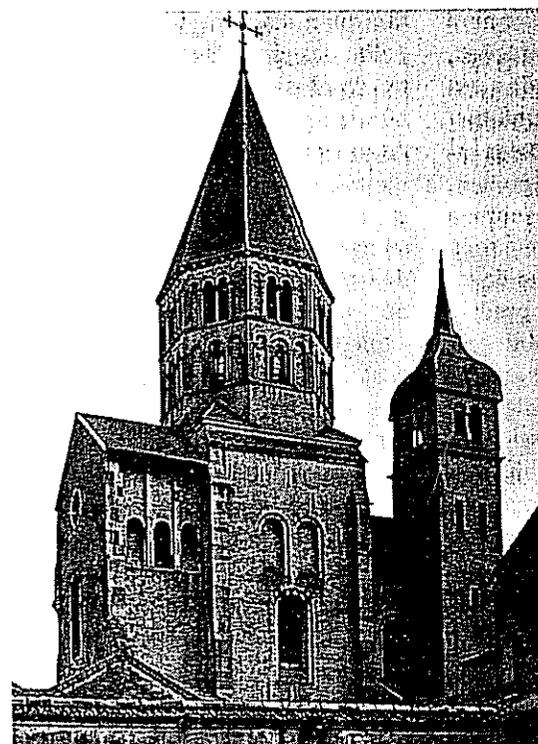
nástica, os enfeitados deixados na porta do mosteiro. A biblioteca e a igreja eram as dependências do mosteiro que recebiam as maiores atenções. Quem leu o livro (ou viu o filme) *O nome da rosa*, de Umberto Eco, não consegue deixar de evocar a biblioteca de um mosteiro medieval.

Essa nossa referência à vida monacal medieval seria incompleta se não destacássemos um núcleo que foi, e surpreendentemente ainda é, um dos maiores repositórios do saber: Monte Atos. Desde o século VII, eremitas começaram a fazer dessa montanha de 2.033 m de

altura, situada na parte mais oriental da Grécia, seu refúgio e local de orações. No século XI, o imperador grego deu a Monte Atos uma destinação exclusiva: local para a construção de mosteiros. Considerada a Santa Montanha, no século XV chegaram a existir nela trinta mosteiros, com mais de mil monges cada um. São os monges que detêm nessa época os primeiros postos na Igreja e na cristandade de Bizâncio, onde a vida comunitária predominava sobre o eremitismo. Os estatutos dos mosteiros eram variados e uma pessoa podia fundar para si ou para os seus um mosteiro, ou

transformar a própria morada em mosteiro. Havia situações em que o monge, por provir de família abastada, levava para o mosteiro criados e tinha inclusive embarcações. Há casos em que a propriedade das celas monacais era transferida em testamento. Em Monte Atos constituiu-se uma república monástica, exclusivamente masculina, confederada e autônoma, estando desde 1927 sob proteção política da Grécia e sob a jurisdição canônica do patriarcado ortodoxo de Constantinopla.

Monte Atos, atualmente, ainda sob a forma de uma república independente, continua



Igreja da Abadia de Cluny, na França, exemplo da imponente arquitetura religiosa medieval

exclusivamente masculina, contando vinte mosteiros com um total de quase 1.300 monges que conservam apreciável acervo em jóias, estátuas, ícones, objetos de culto e, principalmente, uma quantidade muito grande de manuscritos, muitos dos quais salvos da Biblioteca de Alexandria e de outros centros culturais. Acredita-se que o conteúdo de muitos desses manuscritos, ainda hoje, não tenha sido reincorporado ao patrimônio de conhecimentos da humanidade.

AS GRANDES CATEDRAIS

Pode parecer estranho que, em uma história da ciência, se abra espaço para estas considerações, que pareceriam apropriadas em obras sobre história da arte ou história da arquitetura. Duas são as razões para se fazer aqui um comentário panorâmico sobre o assunto: a primeira, que está presente em todo este texto, é a crença de que devemos ver as conquistas (e as perdas) da humanidade de maneira integrada e não-fracionada. A segunda, porque a construção das catedrais medievais é algo tão impressionantemente espetacular, e a cujo respeito sabemos tão pouco, que nos parece válido destacá-las.

Quando vemos os magníficos *shopping centers* que nos dias atuais orgulham, pela sua imponência e

beleza, a engenharia e arquitetura, provavelmente reconhecemos neles a marca que a geração deste final de século legará para o futuro, assim como as pirâmides do Egito são, ainda hoje, um atestado eloqüente do poderio dos faraós. As catedrais medievais são o grande legado físico que temos desse período, e ao contemplarmos a imponência de muitas delas, mesmo as menos famosas, não podemos deixar de ler as fantásticas histórias de grandezas e de misérias que ocorreram na sua construção¹.

Mais do que templos para louvar as crenças religiosas de uma civilização, as catedrais foram uma maneira de atestar o orgulho das cidades e, principalmente, da classe dominante. Mais do que testemunhos da religiosidade de um povo, elas se constituíram, muitas vezes, em instrumentos de exploração da fé e do trabalho desse povo, situação não diferente da dos templos religiosos faustosos que se constroem hodiernamente, explorando a religiosidade dos mais desprovidos de bens materiais.

A grande maioria dessas catedrais, pela grandeza de suas obras, eram construções que demoravam dezenas de anos para serem concluídas, com a contratação de mestres renomados de diferentes pontos. Nesses empreendimentos surgiram muitas associações profissio-

¹ Ao leitor que quiser ampliar seu conhecimento sobre o assunto, recomendo uma obra ficcional escrita com grande fundamentação histórica: *Os pilares da terra*, de Ken FOLLET, com 1.100 páginas. Há uma edição em dois volumes, do Círculo do Livro S.A. (São Paulo, 1992)

nais, como a dos pedreiros, dos ferreiros, dos cinzeladores, que tinham normas próprias e se responsabilizavam internamente pelo julgamento de seus pares, quando um deles cometia uma falta. Os resultados desses julgamentos eram submetidos à autoridade religiosa da catedral, que tinha também poder de controle e punição sobre todos os que trabalhavam na obra. O trabalho era remunerado em dinheiro ou em alimento (muitas vezes produzido por um convento que estava sob a jurisdição da catedral em construção) e habitação nas próprias dependências da obra. Aos domingos e nas festas religiosas, quando os operários abasteciam-se na feira mantida pela catedral em obras, as populações vizinhas, após assistir a um ofício religioso na própria construção, trabalhavam nos serviços mais pesados (em geral trazendo pedras de pedreiras distantes), em troca da remissão dos pecados cometidos na última semana.

Em geral, cada uma dessas construções tinha uma relíquia sagrada (osso de um santo, por exemplo), com a qual operavam-se "milagres" que atraíam grandes peregrinações, cujos integrantes ofereciam óbulos, gastavam dinheiro nas feiras da Igreja ou trabalhavam nas obras.

Essas construções, verdadeiras ousadias arquitetônicas, exigiam muitos estudos matemáticos, especialmente para o cálculo das abóbadas, dos arcos, das ogivas e dos vãos livres que, quanto maio-

res, mais atestavam a habilidade de calculistas e construtores, e traduziam a religiosidade da população ou o quanto os céus derramariam suas graças em troca.

AS CRUZADAS

Uma análise do desenvolvimento da ciência medieval não pode prescindir de um comentário sobre um dos maiores empreendimentos da cristandade no começo do segundo milênio. Motivada pelo objetivo de expulsar os infiéis dos lugares santos e recuperar desde a manjedoura de Belém até o Santo Sepulcro, a cristandade organizou oito grandes cruzadas. Os árabes tinham conquistado Jerusalém no século VII e, movidos por intolerância religiosa, dificultavam o acesso dos cristãos aos lugares santos, com ataques violentos aos peregrinos e grandes perseguições às comunidades cristãs palestinas. As cruzadas, desde a primeira, em 1096, até a oitava, em 1270, tinham, ao lado das motivações religiosas, muitos interesses políticos (expansões territoriais), comerciais (estabelecimento de postos de troca de produtos manufaturados) e militares, promovendo verdadeiros saques aos conquistados.

Diferentes ordens religiosas se colocaram a serviço do papado para arregimentar os participantes e formar verdadeiros exércitos de conquistadores. A promessa principal que se fazia aos que aderiam à empreitada era, além de tornarem-

se os possíveis conquistadores de uma relíquia religiosa — por exemplo, um dos pregos da crucificação ou um dos espinhos da coroa de Cristo —, a indulgência plenária de todos os pecados cometidos e um lugar privilegiado no reino dos céus. Esse movimento originou ordens religiosas com características militares, como os Templários e os Hospitalários, que transcenderam, inclusive temporalmente, os propósitos para os quais foram criados.

Quando começaram os retornos das primeiras cruzadas, os homens que haviam estado em lugares distantes contavam histórias que serviam para aumentar a inquietação intelectual. Pode-se creditar às cruzadas o papel de significativas difusoras da cultura e da ciência entre o Ocidente e o Oriente. A Europa, que dormira vários séculos, parecia agora ansiosa em absorver o mais rapidamente possível os conhecimentos originais que perdera.

A ALQUIMIA CRISTÃ E UMA RELEITURA MAIS ATUAL DA ALQUIMIA

No capítulo anterior, ao conhecermos os árabes, falamos de seus conhecimentos e práticas alquímicos, fazendo referência a dois de seus maiores nomes: Jabir e Razes. Vamos ver, inicialmente, como se prolongaram esses conhecimentos. Depois, deixando momentaneamente a Idade Média, faremos uma leitura diferente da alquimia, de

forma sincrética, comparando-a com os objetivos do conhecimento contemporâneo.

Deve-se observar que os grandes nomes da ciência medieval que estão ligados a experimentos de alquimia pertencem, em sua maioria, a ordens religiosas, sendo muitos inclusive santos canonizados pela Igreja. A explicação para a vinculação com a Igreja é simples: era nos mosteiros que estavam os poucos letrados de então. Eis, muito panoramicamente, alguns nomes que podem ser considerados como alquimistas ou protoquímicos, isto é, precursores da transição da alquimia para a química.

Alberto Magno (1206-1280), *Doctor Universalis*, santo da Igreja, era grande admirador de Aristóteles, cuja filosofia desejava ver assimilada pelo pensamento cristão. Nessa tarefa teve sucesso seu mais notável discípulo: Santo Tomás de Aquino, sobre o qual falaremos posteriormente. Alberto Magno, dominicano nascido em Colônia, é considerado o pensador de mentalidade científica da Idade Média, relacionando conhecimentos aristotélicos, judaicos e árabes sobre astronomia, geografia, botânica, zoologia, medicina, física e química; dotado de um saber enciclopédico, foi por isso canonizado como *Doctor Universalis*. Apesar de considerar a transmutação alquímica muito difícil, acreditava nela e apresentou uma série de processos laboratoriais: preparou a potassa cáustica e foi o primeiro a descrever a composição química do cinabre, do alvaiade e do mímio. Escreveu

De mineralibus, possivelmente o primeiro trabalho de cunho filosófico escrito na Europa a tratar da alquimia.

Roger Bacon (1214-1292), "o pai da ciência experimental", ficou conhecido como *Doctor Mirabilis*. Inglês, nascido em Somerset, estudou em Oxford, onde provavelmente também lecionou. Como professor na Universidade de Paris, foi um dos primeiros a ensinar a física e a metafísica de Aristóteles, tópicos até então proibidos pela Igreja. Inicialmente Bacon não pertencia ao clero, tornando-se franciscano após os trinta anos. Foi preso sob a acusação de heresia por suas idéias sobre transmutação, que acompanhavam as da maioria dos alquimistas, ou seja, os metais que não tivessem o balanço perfeito deveriam ser tratados com remédios adequados, para que obtivessem o equilíbrio e a perfeição do ouro:

"O chumbo é uma espécie de prata invadida pela doença mineral da humorosidade, maleabilidade, negrume e peso; quando estes forem postos à parte, teremos de novo a prata verdadeira" (2).

Assim, a alquimia centra-se na necessidade de curar o metal, que Bacon expandiu para a necessidade de curar a vida humana na busca de um elixir. Bacon tinha profunda fé na alquimia e atribuía-lhe uma posição de destaque entre as ciências.

Raimundo Llull (Lúlio) (1232-1316) era um catalão, portanto, oriundo da Espanha, onde

fervilhava a cultura árabe. Após passar parte de sua vida como nobre de alta linhagem, teve uma revelação divina e decidiu dedicar o restante de sua vida ao estudo e à conversão dos "infieis". Para isso teria "o melhor livro do mundo". Tornou-se franciscano e professor de várias universidades, escrevendo uma pequena biblioteca sobre os mais misteriosos saberes, o que despertou a atenção de grupos interessados em conhecimentos mágicos e ocultos. A obra luliana, em termos de alquimia prática, é dedicada à "quintessência", que poderia ser extraída de todos os tipos de materiais. Dela seria extraído o elixir. Conta-se que Llull teria sido convidado à Inglaterra para converter metais vis em ouro. Tendo aceitado, diante do rei Eduardo III teria convertido 22 toneladas de metais em ouro, sob a promessa de que o rei os aplicasse na formação de uma cruzada contra os turcos. O rei teria usado o ouro para fazer medalhas comemorativas, e até o fim do século XVII circulavam medalhas de "ouro alquímico de Llull" (2: 151).

Esse teria sido o primeiro de uma longa série de acontecimentos semelhantes, cujo produto (além das fraudes tradicionais) seria uma bela coleção de moedas, medalhas e troféus em ouro, alguns ainda preservados em museus, onde soberanos mandaram cunhar os feitos dos alquimistas diante de suas cortes. Houve, por outro lado, momentos em que se proibia e se mandava queimar textos alquimi-

cos por temor de que pudesse surgir daí uma fonte de emissão de moedas e riquezas sobre a qual o Estado não teria controle. Essa é, porém, uma prova de que grande número de soberanos e seus súditos acreditavam e buscavam as benesses da alquímia

Arnaldo de Vilanova (1250-1311), espanhol como Llull, é outro nome que figura com destaque no panteão da alquímia latina. Foi um homem incomum para a sua época. Somente sobre alquímia há cinquenta trabalhos considerados de sua autoria, que formam uma verdadeira escola arnaldiana. Parece quase inconcebível que um só homem tenha se dedicado a tantas obras em diferentes esferas do saber, como, por exemplo, o texto *De conservanda inventute et retardanda senectute* (*Sobre a conservação da juventude e o retardar da velhice*).

Arnaldo, quando falava dos metais, não fugia à tradição alquímica medieval, usando a teoria do mercúrio e do enxofre. Para ele a base incorruptível era o mercúrio, enquanto o enxofre era o corruptor, uma espécie de catalisador que desencadearia o processo. Arnaldo não foi apenas um alquímista mineral, pois trabalhou com o álcool e destilou sangue humano. Há um imenso legado de elixires na literatura arnaldiana e também vários tratados médicos.

Um decreto do papa João XXII*, em 1317, tentou conter uma crescente onda de estudos alquímicos que, junto com outras manifestações místicas, tornavam a popu-

lação mais irrequieta. O papa tentou deixar claro que sua bula fora dirigida em particular àqueles que

"quando não encontram a verdade inventam-na. Atribuindo-se poderes que não têm, disfarçam sua impostura com discursos e finalmente através de truques enganosos fazem passar por ouro e prata aquilo que na verdade não o é" (2: 147).

João XXII parece ter editado sua proibição após ter consultado médicos, filósofos e alquimistas, optando por fazê-lo ao comprovar que os estudiosos não conseguiam sustentar num debate aquilo que anunciavam. João XXII não se referia apenas aos charlatões de rua, que ofereciam poções maravilhosas ao povo; estava se dirigindo principalmente aos homens cultos do clero. O interesse pela alquímia entre o clero, que na verdade reunia os detentores do poder na época, crescia rapidamente. No período de 1273 a 1323, as ordens religiosas dos dominicanos e dos franciscanos, onde se concentrava o maior número de iniciados, lançavam seguidamente decretos que proibiam o estudo ou a prática alquímica.

Depois de nos encontrarmos com Alberto Magno, Roger Bacon, Raimundo Llull e Arnaldo de Vilanova, expoentes da alquímia do século XIII, e de sabermos das restrições que fazia a Igreja, vamos avançar no tempo para conhecer uma das figuras mais impressionantes do século XVI. Sobre ele diz **Koyré***:

"que não é nada além de filho de sua própria época, porque combinam nele, ao mesmo tempo, a medicina, a magia, a astrologia e a alquímia" (2: 158):

Paracelso (Philipus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim Paracelsus) (1493-1541), famoso médico suíço, foi um dos personagens mais controversos da alquímia e é considerado o mais importante pensador místico alquímista do século XVI. Dono de conhecimentos multifacetados, andarilho incansável e profundamente místico, Paracelso sabia o segredo das minas, da medicina popular, da alquímia e da ciência douda dos clássicos, a qual re-

jeitava. Essa rejeição levou-o na direção dos saberes não-reconhecidos pela esfera culta de sua época. Rebelou-se contra a autoridade escolástica estabelecida. Paracelso dizia não ver utilidade nos conhecimentos acumulados anteriormente, porém adaptou o conceito da "quintessência". As teorias de Paracelso, no campo da medicina, apresentam o *archeus*, vetor que infunde forças astrais nos corpos. Por exemplo, no organismo humano o *archeus* trabalha no estômago, separando a parte que alimenta e dá vida daquela que deve ser jogada fora, pois, do contrário, envenenaria o organismo. Logo, uma substância, por mais tóxica que possa ser, não prejudicará

o organismo desde que seu *archeus* aproveite somente a parte útil, evacuando os venenos que ela possa conter. Para realizar suas curas, Paracelso usava a alquímia, na qual a transmutação, fundada no equilíbrio de enxofre e mercúrio, era importante. Foi o primeiro a descrever o zinco, desconhecido até então. Introduziu o uso de muitos medicamentos químicos na medicina.

Após Paracelso, ocorre a transição da alquímia para a química, o que veremos no capítulo 7.



CORNELIUS BEGA

Vários pintores medievais retrataram o alquímista. Este, na visão de Cornelius Bega, trabalha num bem-equipado laboratório.

Porém, sempre que falamos em alquimia surgem intrigantes indagações: os alquimistas realizaram transmutações? se estas ocorreram, por que suas técnicas não chegaram até nós? há alquimistas hoje?

Respostas a essas instigantes questões podem ser encontradas, por exemplo, nos debates promovidos na Universidade de Cambridge, em 1946, por ocasião das solenes comemorações do tricentenário do nascimento de Newton (que será figura central no capítulo 7). Afirmou-se que Newton acreditava na existência de uma cadeia de iniciados que se alastrava no tempo até uma antigüidade muito remota. Tais iniciados teriam conhecido os segredos das transmutações, inclusive a síntese do ouro e a desintegração da matéria. Newton então escreveu:

"A maneira como o mercúrio pode ser assim impregnado foi mantida em segredo por aqueles que sabiam, e constitui provavelmente um acesso para qualquer coisa de mais nobre do que a fabricação do ouro e que não pode ser comunicada sem que o mundo corra um grande perigo, caso os escritos de Hermes digam a verdade. Existem outros grandes mistérios além da transmutação dos metais" (30: 117).

Que grandes segredos seriam esses referidos por Newton? É lapidar a frase daquele que, pioneiramente, escreveu a linguagem do universo: "Se vi mais longe do que os

outros homens, foi porque me coloquei sobre os ombros de gigantes".

Se o testemunho de Newton pode parecer superado, eis o que escreveu Frederic Soddy, que ganhou o Prêmio Nobel de Química em 1921 por explicar, em seu livro *L'interprétation du radium*, os mecanismos das desintegrações atômicas:

"Penso que existiram no passado civilizações que tiveram conhecimento da energia do átomo e que uma má aplicação dessa energia as destruiu totalmente".

Ao lado dessa afirmação de Soddy poderiam ser acrescentadas outras, mas prefiro intrigar os leitores com alguns relatos que, se verdadeiros, colocam por terra alguns princípios consagrados da química. No livro *A maravilhosa vida das plantas*, de Tompkins & Bird, há um capítulo, "Os alquimistas vegetais", que usarei como fonte.

Os trabalhos do engenheiro químico e biólogo francês Louis Kervran², publicados em vários livros, desafiam as leis da química. Suas observações se iniciaram ao ver que galinhas que se alimentavam de materiais silicosos, e que viviam em terreno desprovido de calcário, punham ovos com casca calcária e não apresentavam vestígios de sílica na moela. Kervran fez muitos experimentos controlados e verificou estar correta a observação de Louis Nicolas Vauquelin, um químico contemporâneo de Lavoisier:

"Tendo calculado toda a cal contida na aveia dada a uma galinha, descobri uma maior quantidade de cal na casca de seus ovos. Há portanto uma criação de matéria".

A hipótese de que o cálcio proviesse do esqueleto da galinha foi analisada por Kervran. Ele verificou que uma galinha privada de cálcio põe ovos de casca mole, mas a situação logo se normaliza caso ela receba uma ração de potássio. A galinha parece ser capaz de *transmutar* o elemento potássio — encontrado em grande concentração na aveia — no elemento cálcio.

Merecem, ainda, referência os trabalhos de Albrecht von Herzeele, que publicou em 1873 um livro revolucionário, *A origem das substâncias inorgânicas*, onde mostra que existem plantas capazes de transmutar, à maneira alquímica, fósforo em enxofre, cálcio em fósforo, magnésio em cálcio, gás carbônico em magnésio e nitrogênio em potássio. Os escritos de Von Herzeele foram mantidos, durante quase um século, em silêncio pela ciência oficial. Pierre Baranger, professor e diretor do laboratório de química orgânica da famosa Escola Politécnica de Paris, repetiu por quase dez anos as experiências de Von Herzeele e as confirmou amplamente, indicando que a ciência atômica poderia estar em face de uma verdadeira revolução.

Em janeiro de 1958, ao anunciar suas descobertas ao mundo científico, em uma reunião de químicos, biólogos, físicos e matemáticos na Suíça, Baranger frisou que,

se suas investigações fossem aproveitadas, teriam de ser modificadas certas teorias que não dispunham de uma base experimental sólida.

Baranger, em 1959, em uma entrevista para *Science et Vie* (41) disse:

"Meus resultados parecem impossíveis, mas aí estão eles. Repeti as experiências várias vezes, fiz milhares de análises durante anos. Expus meu trabalho à verificação de outros que ignoravam minhas intenções exatas. Usei diversos métodos e diferentes itens. Mas não há outra alternativa, temos de nos submeter à evidência: as plantas conhecem o velho segredo dos alquimistas: diariamente, sob nossos olhos, elas transmutam os elementos".

Citações de outros experimentos alquímicos em vegetais e animais poderiam estender-se neste capítulo. Será que não poderemos aceitar a hipótese de Soddy, de que outras civilizações já teriam conhecido o segredo das transmutações que hoje são feitas em sofisticados laboratórios nucleares? Aos céticos que vêem sua impossibilidade devido às exigências energéticas envolvidas, gostaria de apresentar uma analogia. Um cofre pode ser aberto de duas maneiras: conhecendo-se o segredo ou por arrombamento. Hoje, uma transmutação nuclear corresponde a uma violência contra o núcleo — é o arrombamento. Se estiverem corretas as evidências de que plantas ou animais fazem semelhantes transmutações, por que não acreditar que tenham

² Kervran recebeu, em 1993, o "prêmio Ig Nobel", destinado a descobertas ainda impossíveis de comprovar.

existido também alquimistas que conheceram esse segredo e realizaram as transmutações? Podemos levantar várias hipóteses sobre o porquê de esses segredos não terem chegado até nós:

Poder econômico: pressões para a não-divulgação do segredo (recorde-se a observação de Newton)

Destruição pela própria descoberta: envenenamento por mercúrio ou destruição nuclear (hipótese de Soddy)

Dizimação por uma peste: veja-se nos nossos dias a aids, o cólera etc

Influência forte da Igreja para manter o poder: recorde-se a Bula Papal de João XXII em 1317.

Inveja "científica": poderia ter levado à morte os detentores de certos segredos; esta também poderia ser a razão do esoterismo da alquimia.

Se considerarmos que sob o rótulo "alquimia", hoje, encontramos um número impressionante de textos puramente delirantes, é fácil verificar o quanto essa parte da química goza nos dias atuais de descrédito, sendo natural, assim, que muitas vezes a prática da alquimia envolva mais curiosos e ocultistas que cientistas sérios.

Temos de considerar, ainda, o aspecto criptográfico da literatura alquímica, para a qual se inventaram códigos aperfeiçoadíssimos e métodos de cifragem dos mais engenhosos. Há textos que já reuni-

ram equipes de especialistas em deciframento que acabaram por obter como resultado uma receita para tingimento de tecido.

Os químicos do final do século XX não têm, em seus objetivos, diferenças significativas dos alquimistas medievais. Eles buscavam no elixir da longa vida o que, hoje, se busca por meio de remédios: melhorar a qualidade de vida e até prolongá-la. A busca de novos materiais para o fabrico de vestuário e para a construção de habitações se assemelha ao que faziam os alquimistas, que com a evaporação dos líquidos ou com a recalcinação de sólidos procuravam melhorar a qualidade das substâncias. As retortas, os crisóis, os alambiques de então estão nos modernos laboratórios de hoje, sob a forma de sofisticada aparelhagem de vidros especiais.

Hoje, como ontem, há muitos acertos — e aí estão as maravilhas que a química cria diariamente — e há erros, entre os quais se incluem as agressões ao meio ambiente. Há hoje, como na Idade Média, retumbantes fracassos. É provável que, entre esses, possamos recordar, por exemplo, o espetáculo protagonizado em março de 1989 por Fleischmann e Pons, quando anunciaram a fusão a frio do hidrogênio*.

Hoje também são feitas restrições ao fabrico de certos materiais como os fluorcarbonetos, com argumentações semelhantes à de Newton, que fazia restrições à divulgação de um possível processo de fabricação em massa de ouro, pois isso poderia desestrutu-

rar o sistema monetário mundial. A *Scientific American* (37) publicou, nos anos 50, um texto que parecia de ficção científica, e que passados quarenta anos ainda parece sonho:

"Os fluorcarbonetos não se queimam, não se corroem, não se deterioram nem se desintegram. Os roedores ou os fungos também neles não encontram qualquer alimento. Podem ser usados na fabricação de tintas, plásticos, borrachas, fibras para tecidos, óleos e solventes que desafiam o fogo ou o ataque pelos organismos nocivos. A mobília, as cortinas e outras decorações que transformam uma casa ou um hotel em fulgurante fogueira, quando atingidas pela chama, podem ser completamente incombustíveis quando feitas de fluorcarbonetos. (...) Os futuros produtos de fluorcarbonetos podem, semelhantemente, propiciar melhoramentos para os automóveis. Quando forem preparados fluidos adequados, poder-se-á ter um motor com lubrificantes que não necessitam substituição. O líquido do sistema de refrigeração também poderá ser um fluorcarboneto. Será também dispensável qualquer anticongelador e o radiador nunca enferrujará. Os pneus durarão toda a vida do carro. (...) As coberturas dos assentos serão repelentes ao fogo e à sujeira. O carro será pintado com cores brilhantes, indelével pela ação da luz".

O artigo segue relatando outras possibilidades dos fluorcarbonetos, como a fabricação de roupas que não se sujariam nem se consumiriam.

Aqui cabem perguntas: por que os pneus gastam? por que os filamentos das lâmpadas queimam? por que as lâminas de barbear perdem tão rapidamente o corte? Sem respostas convincentes, voltemos à nossa mirada na Idade Média, depois desta tentativa de entender, com os dados de hoje, a alquimia de então.

Recordemos antes, apenas, que, assim como a alquimia de Paracelso ou de Roger Bacon continua sendo ainda uma linguagem muito cifrada, a química deste final de século tem uma linguagem universal própria. Afirma-se que ela constitui, juntamente com a música e a matemática, uma das três linguagens universais. Veja que qualquer equação química que escrevemos é igualmente interpretada por um falante de qualquer idioma que conheça química. Num livro de química escrito em chinês, grego ou sânscrito, as equações são iguais às que usamos nos nossos livros. Ao lado dessa universalidade da linguagem, a química constitui-se numa ciência ainda muito hermética, e até quase *esotérica* (e não *exotérica*). Uma das propostas dos que ensinam química é fazer a migração do esoterismo ao exoterismo (7 e 8).

A BAIXA IDADE MÉDIA

Para encerrarmos nossas considerações sobre a ciência na Idade Média, há necessidade de uma referência especial a dois nomes que, ao lado dos citados quan-

do comentamos a alquimia cristã, prepararam o legado maior que a Idade Média nos deu: a Universidade.

Roberto Grosseteste (1168 ou 1175-1253), filósofo inglês nascido de uma família de camponeses de Suffolk, tornou-se franciscano e estudou todas as ciências de seu tempo. Graduou-se em Oxford, em 1197, tornando-se professor de medicina, direito e ciências naturais nessa Universidade. Escreveu um tratado sobre cometas e suas causas, bem como estudos sobre matemática e óptica. Dez anos mais tarde laureou-se em teologia, tornando-se o chanceler da Universidade e, posteriormente, professor de teologia. Foi bispo de Lincoln num período de grandes disputas pela posse de terras entre os nobres da época, liderados pela rainha Matilde e pelo rei Estevão. Como bispo, tentou reformar a moral e a disciplina eclesiásticas, granjeando muitas inimizades em diversas ordens religiosas. Em 1250 criticou abertamente os expedientes financeiros usados pelo papado. Contribuiu decisivamente para o renascimento dos estudos clássicos, tendo traduzido a *Ética a Nicômaco*, de Aristóteles, significando esse trabalho a primeira rerepresentação de Aristóteles ao Ocidente. Seus trabalhos são considerados a primeira conciliação do pensamento de Santo Agostinho com a filosofia grega. Conviu os gregos para se estabelecerem na Inglaterra, importando com eles suas obras.

Santo Tomás de Aquino (1225-1274) nasceu na Itália, de família nobre, e cedo ingressou na Ordem Dominicana, na qual, como pregador, percorreu a Europa. Estudou em Nápoles, Paris e Colônia, onde foi discípulo de Santo Alberto Magno. Foi professor na Universidade de Paris. Morreu, com 49 anos, a caminho do Concílio de Lyon. Foi canonizado em 1323, e em 1567 recebeu o título de *Doctor Angelicus*. O papa Leão XIII (1878-1903) proclamou sua filosofia como o pensamento oficial da Igreja. É o nome mais importante e influente na filosofia e na ciência da Idade Média, pois organizou as verdades da religião e as harmonizou com a síntese filosófica de Aristóteles, demonstrando aos estudiosos medievais que "não há nenhum ponto de conflito entre a fé e a razão". Retomou a física aristotélica, demonstrando racionalmente a existência de Deus. De sua imensa obra surgiu uma corrente filosófica, o tomismo, base da escolástica e da filosofia cristã, destacando-se as duas sumas: *Suma contra os gentios* e *Suma teológica*.

Foi Tomás de Aquino quem fez reacender o desprezo pelo trabalho manual, denunciando como incompatíveis as atividades físicas e as atividades intelectuais. Isso trouxe desagradáveis consequências à nascente Universidade, que mesmo nos cursos de medicina valorizou o ensino livresco e teórico, considerando a experimentação, como, por exemplo, as dissecações, práticas menos importantes das

quais grandes professores não se ocupavam. Adotou o sistema astronômico de Ptolomeu, embora o considerasse apenas uma hipótese de trabalho, já que "não é demonstrável, mas apenas suposição". Mesmo assim, essa adoção fez com que o geocentrismo (e conseqüentemente o antropocentrismo) se integrasse à filosofia tomista, tornando o magistério oficial da Igreja. A escolástica alcançou com o tomismo seu nível mais alto e produziu um profundo e duradouro impacto nas gerações futuras, que se opuseram à nova ciência experimental emergente no Renascimento. Mas

"foi precisamente o absoluto racionalismo do tomismo que formou o clima intelectual para a ciência moderna. Em certo sentido, a ciência foi uma revolução contra esse racionalismo" (10: 117).

A UNIVERSIDADE

Na Idade Média, que usualmente se descreve como o tempo onde não se produziu conhecimento, vimos, principalmente no final de seu longo milênio, que a civilização ocidental buscou a retomada de seu autoconhecimento e do conhecimento do universo em que estava inserida. O legado maior que recebemos no começo do milênio a que agora assistimos terminar foi a Universidade. Quando se fala de história da ciência, é preciso fazer um registro do nascimento da instituição que é, até hoje, a grande produtora e difusora do conhecimento.

Vimos que na Antigüidade a Academia de Platão, o Liceu de Aristóteles e o Museu de Alexandria eram centros de pesquisas. As escolas árabes eram em geral locais de pesquisa, mas não centros de profissionalização. Durante toda a Idade Média o ensino era privilégio da Igreja e acontecia geralmente nas escolas dos mosteiros ou nas sedes episcopais, destinando-se, quase exclusivamente, à formação dos quadros dirigentes e administradores da Igreja. O currículo dessas escolas era o *trivium*: gramática, linguagem e retórica, que eram as "ciências da linguagem", consideradas suficientes para a formação do clero. Vimos que, na Alta Idade Média, Boécio recomendava também o ensino do *quadrivium*: aritmética, geometria, música e astronomia. O *trivium* e o *quadrivium* formavam juntos as *sete artes liberais*, e o seu ensino durante a Idade Média garantiu a preservação do saber dos clássicos.

Esse saber foi garantido em grande parte pelas famosas escolas de tradutores que surgiram, em sua maioria trilingües, para atender às culturas cristã, árabe e judaica. A Escola de Tradutores de Toledo (1125-1151), criada pelo arcebispo Raimundo, era a mais famosa, mas não a única. Elas existiram na Alemanha, na Inglaterra e na Itália.

Já no final do primeiro milênio a Igreja se viu incapacitada de, com o seu clero, prover todo o ensino, passando a conceder, através dos bispos, *licencia docendi* a todos que pedissem e que ela consideras-

se aptos. Posteriormente o papado, para controlar o poder dos bispos, passou a conceder uma licença especial que tornava caducas as concedidas localmente.

A criação de uma escola de Medicina em Salerno, na Itália, no começo do século X, na qual se estabeleceu um intercâmbio entre as ciências cristã, judaica e árabe, foi talvez uma primeira tentativa formal de criação de uma Universidade na Europa. Mas, historicamente, considera-se como primeira a Universidade de Bolonha (Itália), cujo núcleo surgiu em 1088, com a escola laica de direito, e que era sustentada e administrada pelos estudantes. Um pouco mais tarde, Bolonha teve como rival a Universidade de Paris fundada entre 1150 e 1170 por iniciativa do episcopado.

O ensino em Bolonha começou com as sete artes liberais, sendo complementado com algumas noções práticas de direito extraídas das leis bárbaras e do Código Teodosiano. Com a "redescoberta" do *Corpus juris civilis*, o ensino se renovou. Bolonha estava localizada no centro geográfico do conflito entre papas e imperadores, o que exigiu a fundação de uma associação privada de proteção mútua, que passou a se encarregar também do ensino na cidade. Diferentes grupos começaram a organizar-se em *societas*, desenvolvendo seu ensino ligados às organizações corporativas, surgindo os mestres e os doutores. Muitos estudantes estrangeiros iam a Bolonha para estudar, criando-se entre eles divisões como a Universitas dos Ci-

tramontanos (estudantes italianos não-bolonheses) e a Universitas dos Ultramontanos (estudantes não-italianos). Esses grupos se encarregavam de contratar e pagar os professores, estabelecendo rivalidades que eram mediadas pela Comuna de Bolonha, através de um reitor, que ouvia em grandes assembleias toda a comunidade antes de tomar decisões. Surge assim, gradativamente, a organização da Universidade, marcadamente democrática em seus processos decisórios, principalmente no seu início.

A Universidade de Paris se iniciou com escolas que existiam na Île de Cité, no "*cloître Notre-Dame*", isto é, nas casas dos cônegos construídas ao redor da catedral; os cônegos, em geral, eram os próprios mestres. A chegada de Pedro Abelardo (1079-1142), filósofo célebre por suas desavenças amorosas com Heloísa, fez fervilhar La Cité. Abelardo desentendeu-se com o chanceler de Notre-Dame e transferiu seu ensino para junto da Abadia de Sainte-Geneviève. Mas os dissabores de Abelardo não diminuíram o desenvolvimento de escolas. À medida que a grande catedral crescia, aumentava o ensino em diversas áreas ao seu redor: começava assim a Universidade de Paris.

Até o final da Idade Média surgiram na Europa grandes universidades, que existem até nossos dias: Pádua (1222), Nápoles (1224), Siena (1242), Oxford (1249), Cambridge (1284), Coimbra (1308), Pisa (1343), Praga (1348), Cracóvia (1364), Viena

(1365), Heidelberg (1385), Colônia (1388), Turim (1405), Aix (1409), Leipzig (1409), Louvain (1425), Bordeaux (1441), Trier (1454), Freiburg (1455), Mains (1456), Basileia (1459), Saragoça (1474), Tübingen (1477), Barcelona (1477), Upsala (1477), Copenhaga (1479), Aberdeen (1494), Alcalá (1499), Valência (1501), Sevilha (1505) e outras, originadas da subdivisão dessas. Imbuídas da melhor cultura eclesiástica do feudalismo, com a Renascença as universidades produziram o humanismo e colaboraram decisivamente para o surgimento da Revolução Científica, que serviu de semente para a Revolução Industrial do século XVIII.

As universidades, por serem na sua maioria ligadas à Igreja e aos nobres que, por interesse, se submetiam às normas da Igreja, eram locais onde o ensino teológico era privilegiado e representado pelo tomismo, ao qual permaneciam fiéis os dominicanos e mestres leigos. A estrita adesão à doutrina de Santo Agostinho tinha menores partidários. O agostinismo não se renovava e era baseado na repetição por anos das mesmas idéias e dos mesmos argumentos. Entre os franciscanos começaram a surgir divergências em relação ao tomismo, principalmente por parte de dois ingleses, João Duns Scotus e Guilherme de Occam, que apresentaram uma crítica ao tomismo com repercussões não só no ensino da teologia, como também em relação à filosofia e à própria ciência. Guilherme de Occam (1285-

1349) lançou um libelo contra o papa João XXII que lhe valeu a excomunhão e a proibição de lecionar em universidades da Igreja. Occam fugiu para Munique, onde continuou a ensinar que "não se deve multiplicar as essências sem necessidade" (princípio conhecido como "a navalha de Occam").

Como qualquer corporação, a Universidade medieval não era apenas uma organização profissional, mas uma confraria religiosa. Assim, a Universidade

"assegurava o auxílio mútuo e fraterno dos membros, a assistência aos doentes e aos moribundos, o enterro dos mortos. Organizava o culto aos santos padroeiros da Universidade; universidades, nações, faculdades, colégios, todos tinham seus santos protetores. Seria interessante analisar, através dos calendários escolares, as principais tendências da piedade universitária. A devoção mariana, muito desenvolvida no Ocidente desde o século XII, certamente encontrou nas universidades um terreno muito favorável. Na maioria das universidades eram venerados alguns grandes santos, protetores dos estudos. (...) Os domingos, os dias feriados, as cerimônias universitárias (reinício das aulas, recepção de um novo doutor) eram ocasiões para procissões e para missas em que mestres e bacharéis pronunciavam sermões que lhes permitiam experimentar seus dotes e tomar posições sobre certos problemas" (43: 66).

Quando se visita ainda hoje a Universidade de Cambridge, que

recebeu do papa João XXII, em 1318, o título de *Universitas Studium Generale*, nos maravilhámos vendo seus 31 *colleges*, centros da vida académica da Universidade, com governos corporativos independentes, alguns exclusivamente femininos, muitos com dedicatórias religiosas (Trinity, Kristus, Corpus Christi, Jesus, Santa Catarina, Santo Edmundo, São João), alguns medievais, outros modernos (Churhill College, 1960), mas todos com lindas capelas (algumas são imponentes igrejas góticas como a do King's College), de cujos púlpis

tos falaram renomados nomes da ciência.

Ao olharmos a Universidade medieval, vimos como homens se reuniram ao redor dela e como nela viveram. A história da Universidade não pode ser contemplada em separado do resto da história; ao contrário, ela pode informá-la, mostrando como os diferentes grupos se relacionavam com a Universidade, não como grupos humanos estáveis, mas como instituições oficialmente abertas a todos, pela primeira vez nesta longa caminhada que viemos percorrendo.

* * *

A Universidade medieval, no início do novo milênio, começava a transformar a Europa. A tarefa era salvar o que fosse possível do naufrágio da cultura antiga e depois dominar e assimilar o que se havia recuperado. Veremos em nosso próximo capítulo como ocorreu esse grande renascer.

6 O RENASCIMENTO: UMA NOVA AURORA

Foi uma época que exigia gigantes e forjou gigantes pela força do pensamento, pela paixão e caráter, pela universalidade e erudição.

(Engels)

Vimos, quando conhecemos um pouco sobre a Idade Média, que algumas brechas foram abertas na aparentemente inexpugnável fortaleza escolástica. Duns Scotus e Guilherme de Occam, ao se colocarem contra as posições da Igreja, golpearam duramente o chamado *magistério da Igreja*. A fuga de Occam das prisões pontificias e seu acolhimento na Baviera tiveram um alto significado: a Igreja começava a ser contestada. O *Roma locuta, causa finita*¹ deixava de ser a norma absoluta. Os direitos das nações e dos cidadãos passaram a se sobrepor à tradição universal da autoridade eclesiástica.

Essa transformação será decisiva para que aconteça a grande mudança na forma de ver a natureza, que marcará o que usualmente se chama a Revolução Científica, que começou

no século XV e se estendeu até o fim do século XVI. Essa profunda mudança na maneira como o homem via a si mesmo e ao mundo em que vivia (que vamos ver no capítulo seguinte) não aconteceu sem uma grande transição conhecida como Renascença, que os franceses chamam de *Renaissance*, os italianos de *Cinquecento*² e os alemães caracterizam como *Reforma*, com motivações diferentes para estes e objeto dos comentários deste capítulo.

Usualmente ligamos a Renascença à Itália, e realmente foi lá que ela começou no século XIV, e com ela o (res)urgimento do humanismo, numa luta

"contra a esclerose da filosofia escolástica e aproveitando-se de um melhor conhecimento da civilização greco-latina" (22: 123).

¹ "Roma falou, a questão está encerrada", isto é, não se discutem as questões a respeito das quais a Igreja se pronunciou

² Literalmente: "os anos quinhentos", ou século XVI.

As manifestações precursoras na Itália são identificadas em dois poetas: Petrarca (1304-1374) e Boccaccio (1313-1375). Suas obras, consideradas fundamentais para o advento da Renascença, abriram novas perspectivas da Antigüidade clássica que inspirou pintores, escultores, poetas e escritores, desafiando o misticismo e o ascetismo que marcaram o período medieval. A Itália, principalmente a região da Toscana, então importante centro bancário e comercial, foi onde, primeiramente, se buscou recuperar o que fora perdido nos séculos anteriores.

A Renascença assistiu não apenas à redescoberta da Antigüidade, mas à descoberta de novos mundos geográficos. É muito recomendável que tentemos imaginar que efeitos devem ter causado na mente do homem do século XV notícias como a descoberta da América. Ser geocêntrico, então, significava ser mais precisamente eurocêntrico, e as viagens à América e às Índias devem ter modificado muito a maneira de o homem ver o mundo.

O grande pensador da época dos descobrimentos foi o holandês Desidério Erasmo (1467-1536) ou Erasmo de Roterdã, que viu no humanismo uma maneira de combater a ignorância monástica, o abuso da Igreja, as solicitações em dinheiro e em trabalho dos religiosos e o baixo nível da moralidade pública e privada. Na obra *A instituição do príncipe cristão*, legitima a autoridade do príncipe e rejeita a monarquia hereditária. Sua obra-

prima é uma sátira intitulada *Elogio da Loucura*.

Na política, é significativa a contribuição de Nicolau Maquiavel (1469-1527), particularmente com *O príncipe*, no qual ensina a arte de governar e destaca a trapaça e a violência como recursos para a conquista do poder, desde que não se perca o senso da realidade.

A REFORMA

Poucos atos na história da humanidade podem ser considerados tão revolucionários como o de Lutero, ao queimar a Bula Papal e publicar, em 31 de outubro de 1517, as 95 teses que marcaram o início da Reforma.

Martinho Lutero (1483-1546), mestre em filosofia e monge agostiniano, era doutor em teologia, ensinando na Universidade de Wittenberg. Opôs-se aos abusos que a Igreja cometia ao conceder indulgências em troca de contribuições materiais para a construção da Catedral de São Pedro, em Roma. Não pensava em abandonar a Igreja, mas suas polêmicas provocaram sua condenação, em 1520, pelo papa Leão X. Banido do império em 1521, foi ocultado por Frederico da Saxônia no Castelo de Wartburg, onde iniciou a tradução da Bíblia para o alemão e começou a organizar a sua Igreja. Regulamentou o culto e deu participação ativa aos fiéis na liturgia, por exemplo, abrindo-lhes a possibilidade de usar da palavra. Isso representou uma significativa modificação em relação aos prin-

cípios da Igreja de Roma, na qual o poder estava centrado no clero.

Cem anos antes de Lutero, na Boêmia, Jan Hus abriu uma dissidência na Igreja, ao propor uma liturgia em tcheco, em vez do latim. É preciso recordar que entre nós a Igreja católica só viria a substituir o latim pelo vernáculo (idioma próprio do país) na sua liturgia com o Concílio Vaticano II (1963-65). John Wyclif, na Inglaterra, João Calvino e Huldrych Zwinglio, na Suíça, foram outros reformadores que organizaram igrejas ligadas às comunidades locais; estava nascendo o protestantismo.

O desenvolvimento e o alcance da Reforma são temas muito complexos para serem aqui resumidos, mas é preciso destacar que, além de buscar a restauração da disciplina na Igreja e uma volta ao cristianismo primitivo, os reformadores desejavam diminuir o controle dogmático exercido pela Igreja e assegurar, assim, maior liberdade de pensamento. Isso foi decisivo para as conquistas do humanismo e para novas posturas ante a ciência, facilitando, sem dúvida, o surgimento de novas mentalidades.

É verdade que entre os reformadores houve excessos na direção contrária. Assim, por exemplo, Calvino foi um perseguidor da liberdade de pensamento tão fanático como qualquer inquisidor dos tribunais eclesiásticos. Afortunadamente não contava com o poder da Igreja. Mas a desintegração da cristandade operada pela Reforma, embora possa ser deplorada pela suposta perda da uni-

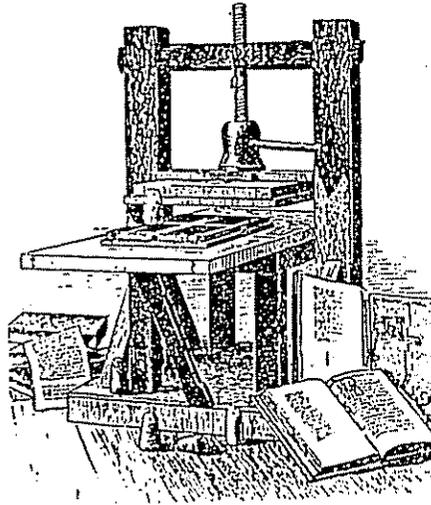
dade dos cristãos, contribuiu efetivamente para assegurar a liberdade de pensamento. O papado reagiu, principalmente pela perda do poder que representou o esfacelamento da Igreja hegemônica, e desencadeou a Contra-Reforma, revivendo a Inquisição (que será comentada no capítulo seguinte) para investigar a heresia, a feitiçaria, a magia e a alquimia.

O PAPEL E A IMPRENSA

Há ainda duas outras "invenções" que contribuíram de maneira significativa para a transição iniciada pela Renascença: o papel e a imprensa. Seu berço é a China. O papel já havia sido desenvolvido na China cerca de mil anos antes de chegar à Europa, no século XII, através dos muçulmanos. Com a imprensa a situação foi semelhante, pois na China se conheciam livros impressos já no século VIII, enquanto sua difusão na Europa só se tornou possível com a invenção da prensa de tipos móveis pelo alemão Johann Gutenberg, por volta de 1450. É fácil imaginar o significado do papel e da imprensa na difusão do conhecimento, antes restrito aos livros desenhados pelos monges copistas, que eram verdadeiramente *manuscritos*. Essa atividade dos copistas foi fielmente reconstituída na obra de Umberto Eco, *O nome da rosa*. A possibilidade de produção de livros impressos fez surgir os gravuristas, com destaque para o pintor, gravador, escultor e arquiteto alemão Albrecht Dürer.



SPL / STOCK PHOTOS



SPL / STOCK PHOTOS

Johann Gutenberg (1398-1468), em entalhe de 1584, e a prensa de tipos móveis, com a qual imprimiu em 1454 o primeiro livro: a Bíblia, conhecida como a "Bíblia de Gutenberg"

AS CIÊNCIAS NA RENASCENÇA

O perfeccionismo com que os pintores retratavam a natureza nas obras de arte constituiu um importante legado para a biologia e, especialmente, para a botânica. Dürer ainda hoje é admirado pela perfeição de seus gramados, e os detalhes das plantas da *Primavera* de Botticelli, amigo de Dürer, são cientificamente precisos. Nesse período houve notáveis zoólogos, que publicaram extensas obras com primorosas ilustrações.

As ciências médicas, que tiveram pouco progresso na Idade Média, ganharam impulso com o surgimento das universidades e com o início da experimentação na anatomia. O nome de maior desta-



ALBRECHT DÜRER

As pinturas renascentistas, como esta de Albrecht Dürer, eram ricas em detalhes realísticos que rivalizariam com as fotografias de hoje.

que é André Vesálio, um belga nascido em 1514 que estudou nas universidades de Louvain e de Paris e realizou seus maiores trabalhos de dissecação na então mais importante escola de medicina: Pádua.

A química na Renascença teve ainda uma forte influência da alquimia, principalmente com Paracelso, que além de alquimista era médico renomado. Paracelso vivia bebendo nas tavernas de baixo nível, tratando de graça a população pobre, uma maneira de contrabalançar os preços exorbitantes que cobrava dos ricos. Outro nome importante foi o do médico e químico alemão Andreas Libavius, que escreveu um texto, *Alquimia*, lindamente ilustrado e considerado o mais bonito livro de química publicado no século XVII. Nesse período, mesmo fortemente marcada pelo hermetismo, a alquimia prestou significativa colaboração nas técnicas de metalurgia e de mineração, os primeiros ramos da química a contribuir para os aperfeiçoamentos tecnológicos.

A física não teve um desenvolvimento significativo na Renascença. Merecem destaque os estudos de magnetismo e de mecânica e alguns trabalhos de óptica. Na mecânica o engenheiro flamengo Simon Stevin (que foi professor do príncipe Maurício de Nassau) continuou os trabalhos de Arquimedes, iniciados dezoito séculos antes, sendo autor do livro *Princípios da hidrostática*, considerado a primei-

ra obra sistemática publicada sobre o assunto, desde Arquimedes. No magnetismo, a maior contribuição foi a de William Gilbert, médico da casa real inglesa que em 1600 publicou o *De magnete*.

De todas as ciências, a matemática foi possivelmente a que teve o maior desenvolvimento na Renascença. Os textos de Euclides, redescobertos pelas escolas de tradutores, ofereceram soluções para intrigantes problemas com que defrontavam os construtores de catedrais e os geógrafos a serviço das grandes expedições de navegadores. Filippo Brunelleschi, Reiner Gemma Frisius, Georg Peurbach, Johann Müller, Leonardo Fibonacci (Leonardo de Pisa), Nicolas Chuquet, Luca Pacioli, Niccolò Tartaglia, Scipione del Ferro, Girolamo Cardano, Rafael Bombelli e François Viète são alguns dos nomes significativos da matemática da Renascença.

Na astronomia pré-copernicana, o alemão Nicolau de Cusa (Nikolaus Krebs) fez algumas proposições revolucionárias: a Terra não seria o único lugar no universo em que havia vida; acreditava que ela se movia não em uma órbita, mas com um movimento aparente. Cusa, que era filósofo, mostrou como a lógica formal aristotélica era inadequada, o que contrariava toda a escolástica. Os conceitos de Nicolau de Cusa não foram adotados no ensino de astronomia, que continuou seguindo os ensinamentos aristotélico-ptolomaicos.

LEONARDO DA VINCI

Na Renascença merece destaque o artista e sábio Leonardo da Vinci (1452-1519), que nasceu em Vinci, perto de Florença, filho natural de um advogado famoso, Piero da Vinci, e de uma camponesa, Catarina. Foi educado pelo pai e aprendeu pintura e desenho no ateliê de Verrochio. Trabalhou inicialmente nas cortes de Florença e Pisa, e depois em Milão, onde ofereceu seus serviços de engenheiro militar, arquiteto, escultor e pintor ao duque Ludovico o Mouro. Fez a estátua do pai do duque, decorou o Castelo Sforzesco e organizou os divertimentos da corte. Voltando a Florença, produziu inúmeras telas que ainda hoje são marcos na pintura e constituem os mais célebres arquétipos do Ocidente: *Adoração dos magos*, *A virgem dos rochedos*, *A última ceia* (talvez o quadro mais reproduzido na Idade Moderna), *A virgem*, *Menino Jesus e Sant'Ana*, *Mona Lisa*. Como pintor, estudou as leis da óptica, a estrutura do olho, detalhes de anatomia humana e o vôo das aves.

Tão dotado para a investigação científica quanto para as artes, tão apaixonado pela pesquisa intelectual quanto pela observação dos fenômenos naturais, Da Vinci foi um homem de saber enciclopédico, exímio conhecedor de anatomia, geologia, botânica, hidráulica, óptica, matemática, arquitetura, engenharia, fortificações militares e filosofia.

"Não há na história da humanidade um homem com um histórico tão completo. Suas realizações, mesmo extraordinárias, tornam-se pequenas, quando se as compara com as imensas perspectivas que abriu, com sua compreensão dos princípios fundamentais, com a intuição de quem sabia captar os verdadeiros métodos de investigação que se haveria de empregar em cada ramo do saber. (...) Não foi escolástico, nem confiou cegamente na autoridade clássica, como fizeram muitos homens do Renascimento. Só admitiu como verdadeiros métodos científicos a observação da natureza e a experimentação. O conhecimento dos escritores antigos tinha sua utilidade como base, não como objetivo final. Leonardo abordou a ciência pelo seu lado prático; devido a essa feliz coincidência, resulta tão moderna sua atitude intelectual. Para responder às exigências de suas múltiplas profissões se pôs a experimentar" (10: 132).

Depois desse texto laudatório, vejamos outra análise, onde é refutada a idéia de que Leonardo teria sido a expressão máxima de uma "infância da ciência".

"É inútil procurar em Leonardo as linhas essenciais e constitutivas da nossa imagem moderna de ciência. É difícil não estar imediatamente de acordo com Randall, Sarton ou Koyré quando estes salientam que a pesquisa de Leonardo, plena de intuições brilhantes e visões geniais, jamais ultrapassou o plano dos experimentos 'curiosos', para chegar àquela sistematização

que é característica fundamental da ciência e da técnica modernas. A sua pesquisa, sempre oscilante entre experimento e anotação, aparece como dispersa e pulverizada numa série de observações esparsas, de apontamentos escritos para si mesmo. Leonardo não tem qualquer interesse na ciência como *corpus* organizado de conhecimentos nem concebe a ciência como um empreendimento público e coletivo. (...) Incluir Leonardo entre os fundadores da ciência moderna significa colocar seu retrato num lugar errado da galeria" (36: 54).

* * *

Agora o homem já sabe que existem terras no Ocidente além da Europa. Vai olhar o espaço e descobrir que além de a Europa não ser o centro da Terra, a Terra não é o centro do universo. Vamos, então, conhecer como o conhecimento adquire o estatuto da Ciência.

7 SÉCULO XVII: NASCE A CIÊNCIA MODERNA

Do geocentrismo ao heliocentrismo, do antropocentrismo ao policentrismo

Agora, acompanhemos a humanidade recebendo uma empolgante resposta a uma das perguntas que ela já se fazia há mais de vinte séculos: *como é este universo que habitamos?*

Usualmente se credita à tríade Copérnico-Galileu-Newton a resposta. Há reducionismo nisso, e eis o porquê: primeiro, sabemos que a ciência, em todos os tempos (e também no período áureo que vamos conhecer agora), foi construída por milhares de trabalhadores anônimos; em segundo lugar porque, nesse período, ao lado desses três gigantes, vamos encontrar muitos nomes que deixaram o anonimato para se incorporar a essa tarefa de construção. Há outros que, para salvar os interesses daqueles a quem serviam, a frearam.

No período em que viveu a tríade excepcional (dois séculos e meio, com um pequeno hiato de duas décadas) aconteceram feitos maravilhosos, e também fatos que depõem contra a humanidade Copérnico pode ser considerado um contempo-

râneo da Renascença; já Newton vê acontecer a Revolução Industrial. Vejamos um pouco esse período na história daqueles que fizeram a grande virada, a Revolução Científica.

UM POLONÊS COMEÇA A GRANDE VIRADA

O polonês Nicolau Copérnico (1473-1543) nasceu às margens do Vistula e ocupou seu tempo estudando direito canônico e astronomia. Nos setenta anos de vida de Copérnico a humanidade viveu um de seus períodos mais excitantes: Colombo descobriu novas terras, Magalhães circumnavegou a Terra, Vasco da Gama chegou pelos mares à Índia, Lutero fez a Reforma, Miguel Ângelo brilhou nas artes; a medicina, com Paracelso e André Vesálio, teve suas bases definidas; e Leonardo da Vinci foi a síntese da genialidade.

Niklas Koppernigk (nome não-latinizado) tinha um tio bispo que, para garantir financeiramente

o sobrinho, educou-o para o sacerdócio, visando fazer dele um cônego. Estudou e lecionou em Cracóvia, e, como a vaga para cônego não surgia, foi para Bolonha estudar direito canônico, embora continuasse interessado em astronomia. Em 1501 foi eleito cônego, mas adiou seu ingresso na vida religiosa e foi para a Universidade de Pádua estudar medicina, onde permaneceu quatro anos; no período, em breve estada na Universidade de Ferrara, obteve também o doutorado em direito canônico.

Em 1505 assumiu o posto eclesiástico em Frauenburg, pres-

tando também serviços relevantes aos pobres como médico; como exímio matemático e jurista, reformou o sistema monetário e o direito canônico, sendo ainda um excelente estrategista na defesa da cidade. Em 1513 começou a construir, junto à sua igreja, uma tosca torre sem teto que servia como seu observatório. Disponha de poucos instrumentos de observação astronômica (o telescópio surgiu quase um século depois): um relógio de sol, um triângulo (aparelho triangular de madeira, feito por ele mesmo) e um astrolábio (esfera com anéis verticais e horizontais). Copérnico tinha



Nicolau Copérnico, com uma proposta de universo onde a Terra não era mais o centro, deu início ao heliocentrismo

conhecimento dos estudos de Aristóteles e Ptolomeu, mas estava muito interessado em ampliar os estudos de Aristarco de Samos (hoje cognominado "Copérnico Antigo"), do século III a.C., que explicava o nascer e o pôr do Sol diários supondo que a Terra girava em torno do seu eixo uma vez por dia. Parecia a Copérnico que Aristarco oferecia uma explicação mais simples dos movimentos do céu que o complicado sistema ptolomaico que ele buscava aperfeiçoar nas repetidas interpretações do *Almagesto*. Conspiravam contra os estudos de Copérnico não apenas seus precários instrumentos, mas o clima, com constantes nevoeiros.

Durante trinta anos Copérnico fez observações e cálculos, escrevendo um opúsculo, *Comentariolus (Pequeno comentário)*, que não publicou, embora tenha distribuído diversas cópias manuscritas entre os estudiosos de astronomia. Em 1539, Copérnico recebeu Georg Joachim Rheticus, professor de matemática da Universidade de Wittenberg. A visita, programada para algumas semanas, se estendeu por mais de dois anos, tal a admiração de Rheticus pela obra de Copérnico. Depois de muito estudar a teoria copernicana, Rheticus mandou-a, sob forma de carta, a um professor da Universidade de Nürenberg. A carta foi impressa como *Narratio prima (Primeiro relato)*, de Rheticus, e foi a primeira apresentação pública das revolucionárias teorias do astrônomo polonês. A consequência foram os pedidos da obra completa, que Copérnico relutou em atender, talvez por seu perfeccionismo (trezentos anos após sua morte foram encontrados manuscritos inéditos com muitas e extensas revisões) ou pelo temor de se indispor com a Igreja, da qual era ministro dedicado.

Vencendo inúmeras resistências, Rheticus recebeu de Copérnico sua obra completa e a levou para imprimir na Alemanha, mas antes de concluir sua missão encarregou Andrea Osiander, um clérigo luterano, de concluir a edição. Este, achando as idéias copernicanas radicais, retirou o Livro I e o substituiu por um prefácio não-assinado, onde dizia que a obra que

seguia "não era necessariamente verdade, mas apenas uma hipótese provável de que a Terra se movesse". O livro se inicia com: "Ao leitor, das hipóteses desta obra..." Isto é, o livro não precisava ser levado a sério (11).

Algumas horas antes de sua morte, em 24 de maio de 1543, aos setenta anos, vítima de um ataque de apoplexia, Copérnico viu o primeiro exemplar de sua obra *De revolutionibus orbium coelestium (Sobre as revoluções das esferas celestes)*, dedicada ao papa Paulo III:

"Bem posso crer, Santíssimo Padre, que certas pessoas, quando ouvirem que eu atribuo movimento à Terra nestes meus livros, declaração de imediato que semelhante opinião deve ser rejeitada. Ora, as minhas teorias não me agradam tanto que não leve em consideração o que outros possam pensar delas. Por conseguinte, quando comecei a refletir no que essas pessoas que aceitam a estabilidade da Terra, confirmada pela opinião de muitos séculos, diriam quando eu afirmasse que a Terra se move, hesitei longo tempo, pensando se deveria publicar o que escrevi para demonstrar o seu movimento, ou se não seria melhor seguir o exemplo dos pitagóricos, que transmitiam os segredos da filosofia a seus parentes e amigos de forma oral. Bem, considerando isso, quase fui levado a pôr inteiramente de lado a obra acabada, por causa do escárnio que eu tinha motivo de esperar em vista da novidade de minha teoria e de sua aparente oposição à razão

"Meus amigos, entretanto, me dissuadiram de tal procedimento e me exortaram a publicar o livro, que esteve oculto em meu poder não apenas nove anos, mas já quase quatro vezes nove. (...)

"Contudo, para que tanto os cultos como os incultos vejam que não temo o julgamento de nenhum homem, quis dedicar estas minhas lucubrações a Vossa Santidade, de preferência a qualquer outra pessoa, porque, mesmo neste remoto canto da Terra onde vivo, sois considerado o maior na dignidade do posto e no amor a todas as ciências e à matemática, de modo que, por vossa posição e por vosso julgamento, podeis facilmente reprimir as picadas dos caluniadores, embora o provérbio diga que não há remédio contra o ferrão da calúnia. Pode acontecer também que palradores ociosos, ignorantes da matemática, se arroguem o direito de pronunciar julgamento sobre a minha obra, em virtude de certa passagem da Escritura, indignamente deturpada para servir aos seus propósitos. Se qualquer pessoa dessas se abalancar a criticar e censurar o meu empreendimento, não lhe darei atenção e considerarei suas opiniões precipitadas e desprezíveis" (11: 160).

Copérnico, ainda na dedicatória ao papa, faz uma síntese de sua concepção do universo, cuja diferença revolucionária é colocar o Sol, e não a Terra, no centro do universo. Ei-la:

"A mais distante de todas é a esfera das estrelas fixas, que contém todas as coisas e por isso mesmo é imóvel; em verdade, é a mol-

dura do universo, à qual são referidos o movimento e a posição de todos os outros astros. Embora alguns homens julguem que se move de algum modo, nós apontamos outra razão para que ela pareça fazê-lo em nossa teoria do movimento da Terra. Dos corpos móveis, vem em primeiro lugar Saturno, que completa seu circuito em trinta anos. Depois dele, Júpiter, movendo-se numa revolução de doze anos. A seguir, Marte, que gira bienalmente. Quarto, em ordem, ocorre um ciclo anual em que dissemos estar contida a Terra, com órbita lunar, como epiciclo. Em quinto lugar, Vênus efetua uma volta em nove meses. Enfim, Mercúrio ocupa o sexto lugar, circulando num espaço de noventa dias. No meio de tudo reside o Sol. Quem, na verdade, neste belíssimo templo, colocaria a tocha em qualquer outro lugar, ou em lugar melhor, do que naquele onde possa iluminar o todo ao mesmo tempo? (...) Encontramos, portanto, sob este arranjo ordenado, uma simetria maravilhosa no universo e uma relação definida de harmonia no movimento e na magnitude dos orbes, de um tipo que não é possível de qualquer outra maneira" (11).

É importante destacar que o universo copernicano não apresenta, ainda, a inovação que o poderia distinguir do proposto por Aristóteles, pois também é apresentado como finito: tem seu limite na esfera das estrelas fixas, que constituem a "moldura do universo".

A obra de Copérnico está dividida em seis livros. No primeiro estão os argumentos a favor das

concepções heliocêntricas e um verdadeiro compêndio de trigonometria. O segundo livro trata do movimento dos corpos celestes e contém um catálogo de estrelas, a partir da obra de Ptolomeu, com correções. Os outros quatro detalham os movimentos das diferentes esferas, seguidos de diagramas e cálculos.

O *De revolutionibus orbium coelestium* só entrou para o Índice dos livros proibidos, "até que seus erros sejam corrigidos", em 1616. Talvez o prefácio de Osiander, falando numa hipótese, tenha retardado a fúria inquisitorial. Copérnico, afirmando que é a Terra que gira ao redor do Sol, e não o contrário, provocou inúmeras dificuldades para interpretar, como ele mesmo previra, uma afirmação da Sagrada Escritura de que foi o Sol e não a Terra que Josué* mandou parar. Se o cognominado "Autor Sagrado" tivesse escrito que Josué mandara parar a Terra, muita polêmica teria sido evitada. A hesitação dos teólogos católicos e protestantes em aceitar a teoria copernicana foi igual à atitude de filósofos e cientistas. Lutero, demonstrando sua grande desaprovação com a necessidade de se reinterpretar o texto sagrado, afirmou:

"Este louco vai virar toda a ciência da astronomia de cabeça para baixo. Mas, como declara o Livro Sagrado, foi ao Sol e não à Terra que Josué mandou parar".

Calvino também condenou a teoria. Só em 1835 a obra foi retirada do Índice.

A CAMINHADA OCORRE COM BRUNO, BRAHE, KEPLER

As teorias copernicanas, lenta e gradualmente, conquistaram aceitação. As continuadas investigações de três contemporâneos, Giordano Bruno (1548-1600), Tycho Brahe (1546-1601) e Johannes Kepler (1571-1630), que prepararam as ratificações decisivas de Galileu e de Newton, merecem agora um rápido comentário.

Giordano Bruno, um italiano nascido em Nola, perto de Nápoles, ingressou na Ordem dos Dominicanos, mas aos 28 anos a abandonou e passou a levar uma vida errante, sendo muito perseguido pela Igreja por suas idéias. Aderiu à teoria copernicana, mas propôs mudanças e fez-lhe uma severa crítica por não ter aderido ao hermetismo. Mesmo não sendo astrônomo, físico ou matemático, defendeu a idéia de um universo infinito, fazendo uma crítica ao aristotelismo. Estava empenhado em uma verdadeira cruzada para que a Igreja aderisse a idéias que refletiam religiões esotéricas do Antigo Egito.

Giordano Bruno publicou livros e difundiu suas idéias, despertando a rejeição da Igreja ao copernicanismo, o que o obrigou a fugir da Itália e, posteriormente, da Suíça, onde enfrentou problemas com o calvinismo. Pregou na França, na Alemanha e na Inglaterra. Voltou seguidamente para a Alemanha, até se estabelecer em Praga, com uma comunidade de alquimistas. Voltou a Roma, com um livro que preten-

dia dedicar ao papa, mas foi preso e submetido a um julgamento que se arrastou por oito anos. Como não se retratou, foi queimado vivo por negar a divindade de Cristo e por realizar magias diabólicas.¹

Tycho Brahe (ou Tige, antes da latinização do nome) nasceu em Skane, então Dinamarca, hoje Suécia, sendo o primeiro nome nórdico que aparece nesta história da construção do conhecimento. Com treze anos ingressou na Universidade Luterana de Copenhague e começou a interessar-se pela ciência, mas por decisão familiar foi encaminhado à Universidade de Leipzig para receber formação jurídica. Depois de sucessivas mudanças de local de estudo, estabeleceu-se em Augsburg, onde construiu aparelhos para observações astronômicas, fazendo verificações significativas e propondo correções nas tabelas astronômicas existentes. A observação de uma "estrela nova", que verificou estar muito distante, sugeriu-lhe uma nova concepção de universo: o céu não era imutável nem limitado. Essa concepção significou um rompimento com a tradição aristotélica.

Tycho implantou um observatório astronômico, que Frederico II da Dinamarca lhe dera, na ilha de Hven, e iniciou a produção de aparelhagens para observações astronômicas. Um cometa que agitou as crenças populares em 1577 permitiu-lhe refutar as até então inquestio-

náveis concepções aristotélicas, entre elas a das esferas celestes: observando que o cometa se deslocava através das supostas esferas celestes, concluiu que estas não poderiam existir fisicamente. Mais que um filósofo natural, Tycho era um paciente e agudíssimo observador.

Com a morte do rei, Tycho perdeu o observatório de Hven e o patrocínio real, emigrando para Praga em 1597, onde recebeu apoio de Rodolfo II e aperfeiçoou o observatório astronômico imperial. Permaneceu em Praga até sua morte, tendo recebido enterro digno de um príncipe. No enterro estava presente seu melhor assistente: Kepler.

Johannes Kepler iniciou seus estudos com o propósito de tornar-se pastor da Igreja luterana e, para isso, fora a Tübingen estudar teologia. Entretanto, entusiasmou-se pela astronomia, aderindo à teoria copernicana. Kepler praticou tanto a astronomia como a astrologia, tendo elaborado um calendário profético que se mostrou correto nas predições, dando-lhe grande reputação e fama quase lendária. Mesmo considerando a astrologia "irmãzinha ridícula da astronomia", e creditando o sucesso dos astrólogos à sorte, continuou elaborando horóscopos, principalmente para os ricos.

Associou seus conhecimentos de astronomia aos de teologia e escreveu em 1597 o livro *Um precursor dos tratados cosmográficos con-*

¹ Há um excelente filme, disponível nas videolocadoras: *Giordano Bruno*, direção de Giuliano Montaldo, Itália, 1973, 123 min.

tendo os mistérios do universo. Ao falecer Brahe, Kepler foi nomeado "matemático imperial", recebendo todo o acervo de seu mestre.

Com os trabalhos de Copérnico, Bruno, Brahe e outros, Kepler reformulou suas concepções do universo e apresentou uma proposta que seria assumida pela ciência a partir de então:

"... eu pensava que a causa motriz dos planetas fosse a alma. (...) O escopo que me proponho é afirmar que a máquina do universo não é semelhante a um ser divino animado, mas semelhante a um relógio (...) e nela todos os movimentos dependem de uma simples força ativa material, assim como todos os movimentos do relógio são devidos ao simples pêndulo" (36: 134).

A máquina passa a ser o modelo explicativo da natureza e Deus passa a ser admirado como o Grande Construtor desse preciso engenho. Essas concepções, adotadas também para explicar o corpo humano, significaram mais um rompimento com o aristotelismo e uma adesão ao mecanicismo.

Kepler observou durante muitos anos o planeta Marte e, como resultado, modificou, mais ainda, as concepções dos gregos e do próprio Copérnico: o círculo, símbolo da perfeição, não é a trajetória percorrida pelos planetas, e sim a elipse. Kepler fez muitos cálculos e estabeleceu não só as trajetórias, mas também calculou os tempos de percurso, constatando o aumento de velocidade quando o planeta está

mais próximo do Sol (periélio) e a diminuição quando está mais distante (afélio). São as ainda hoje conhecidas *leis de Kepler*. Publicou *Epítome da astronomia copernicana*, *Harmonia do mundo* e as *Tabelas rodolfinas* (homenagem ao imperador Rodolfo II).

A GRANDE VIRADA: DO GEOCENTRISMO PARA O HELIOCENTRISMO

Depois de conhecermos as contribuições de Bruno, Brahe e Kepler à teoria copernicana, vejamos um pouco outro titã:

Galileu Galilei (1564-1642), italiano nascido em Pisa, é considerado um dos criadores da ciência moderna; desde sua infância recebeu



Galileu Galilei, que mostrou aos incrédulos cardeais da Cúria Romana que a Terra se movia.

uma educação que valorizava as artes, acolhendo as novas idéias com entusiasmo. Quando a família mudou-se para Florença, Galileu foi estudar em um colégio da Companhia de Jesus, e aos quatorze anos tornou-se noviço. Seu pai, porém, tirou-o dos jesuítas para que iniciasse estudos de medicina na Universidade de Pisa. Suas inclinações, entretanto, eram já para a matemática e a física. Conta-se que, enquanto assistia aos longos ofícios religiosos na Catedral de Pisa, Galileu observava as oscilações de um candelabro e as controlava com os batimentos de seu pulso, estabelecendo assim as leis do pêndulo. Dedicou-se, a partir de então, à matemática, à mecânica e à hidrostática.

Tornou-se professor em diversas universidades italianas como Pisa e Pádua e trabalhou em Veneza e Florença. Em Pisa, na torre inclinada, teria feito experiências para a verificação da velocidade de queda dos corpos, refutando a teoria aristotélica a respeito das diferentes velocidades dos corpos ditos grávidos e leves. Em Pádua envolveu-se com a construção de telescópios, que havia visto em Veneza, procedentes dos Países Baixos, onde um fabricante de óculos (Hans Lipperhey) havia requerido sua patente. Com a fabricação de instrumentos ópticos Galileu suplementava a renda familiar, pois com a morte do pai teve de assumir a responsabilidade da família. A importância de Galileu em relação ao telescópio está no fato de ele ter-lhe dado um emprego comercial, pois

com seu uso podia-se ver o tipo de carga que traziam os navios e assim determinar variações nos preços do mercado. Acrescente-se o uso científico que deu a esse instrumento, provocando os "sábios" que se negavam a olhar através do aparelho para não verem refutadas suas concepções aristotélicas de universo. Foi a Roma mostrar os céus com o telescópio, quando nas igrejas, principalmente dos dominicanos, se pregava contra os que aderiam ao copernicanismo, que eram comparados àqueles que praticavam a cabala e a numerologia.

A obra de Galileu não representou apenas uma tentativa de elaboração de uma física teórica, mas também a solução de problemas técnicos aos quais esses conhecimentos foram aplicados. Galileu inventou uma bomba para fazer subir água, um compasso geométrico militar que produziu em larga escala, juntamente com um folheto explicativo que descrevia seu uso e vantagens. Escreveu um tratado sobre fortificação de cidades. Mantinha uma oficina para a construção de aparelhos especiais (bússolas, compassos simples, quadrantes etc.). No local havia um pensionato, que abrigava cerca de vinte rapazes, muitos dos quais estrangeiros, que recebiam, além de alimentação e alojamento, aulas sobre fortificações, instruções sobre artes mecânicas e sobre o uso do compasso geométrico militar.

Galileu escreveu várias obras, entre as quais merecem destaque: *O mensageiro das estrelas* (1610),

O ensaiador (1623), *Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo* (1632) e *Discurso sobre as duas novas ciências* (1638). Em algumas dessas obras (por exemplo, nas duas últimas) desenvolveu sua argumentação na forma de uma discussão entre três personagens (apenas aparentemente fictícios): Salviati, Sagredo e Simplicio. Filippo Salviati, um nobre florentino, amigo e discípulo de Galileu, membro, como este, da Academia do Lincei, representa o próprio Galileu nas discussões, como defensor da nova ciência. Giovanfrancesco Sagredo, um aristocrata vêneto também seu discípulo, é o interlocutor inteligente, que constantemente propõe dúvidas plenas de bom senso. Simplicio é um empirista ingênuo, aristotélico dogmático, e representa o tradicionalismo: nas discussões com Salviati e Sagredo, sempre fica em desvantagem, sendo objeto de ironias.

Galileu foi um homem ímpar que ajudou a realizar a grande revolução nas ciências. Os historiadores referem-se ao corte galilaico que, na formação da física, é o corte epistemológico, o ponto *sem regresso* a partir do qual a física começa. Esse ponto tem seu marco histórico nos trabalhos de Galileu sobre a queda dos corpos. A partir deles torna-se impossível retomar as noções físicas e cosmológicas de aristotelismo escolástico. Sua crítica ao sistema geocêntrico e a defesa das idéias copernicanas abriram caminho para o desenvolvimento da moderna física e da astronomia.

O uso do telescópio em suas observações astronômicas deu-lhe nova base para a comprovação das hipóteses de Copérnico, afirmando que "o livro da natureza é escrito em linguagem matemática"

Galileu, de todos os nomes referidos neste capítulo (com exceção de Bruno, que na verdade foi um grande andarilho), é o único da Itália. Por estar muito próximo da Cúria Romana, enfrentou grandes problemas ao defender o copernicanismo. Contra suas idéias, e em defesa do sistema aristotélico-ptolomaico, a passagem de Josué, na Bíblia, foi com frequência levantada. A esse respeito, Galileu afirmava:

"Não é concebível que Deus parasse a esfera do Sol deixando em movimento todas as outras esferas, porque, assim fazendo, teria perturbado, sem nenhuma necessidade, toda a ordem da natureza. Menos concebível ainda é que Ele parasse todo o sistema das esferas" (17: 96).

Cassirer deduz da extensa correspondência deixada pelo sábio o projeto intelectual ao qual Galileu dedicou sua vida:

"Em lugar da revelação através da *palavra* de Deus, entra a revelação através da *obra* de Deus, a qual só pode ser corretamente entendida e interpretada se for estudada com os novíssimos métodos objetivos" (36: 96).

Essa afirmação é ainda hoje de vibrante atualidade e deve ser

facilitadora para o entendimento das muitas lutas de diferentes movimentos sociais, abortadas em nome de um suposto legalismo.

Em 1633 Galileu foi preso pela Inquisição, pois suas teorias contradiziam a visão tradicional do universo e a doutrina cristã. Fez seis viagens a Roma. Teve várias audiências com seu amigo particular Maffeo Barberini, então papa Urbano VIII. Foi submetido a extensos interrogatórios, acompanhados de torturas. Retratou-se e foi obrigado, vestido como um penitente, a recitar e assinar publicamente esta confissão, no Convento de Santa Maria sobre Minerva:

"Eu, Galileu, filho de Vicente Galilei de Florença, com a idade de setenta anos, juro que sempre acreditei, acredito agora e com a ajuda de Deus acreditarei no futuro em tudo o que sustenta, ensina e prega a Santa Igreja Católica e Apostólica. Mas por ter eu — após ter sido com preceito intimado juridicamente por este Santo Ofício a que deixasse completamente a falsa opinião de que o Sol seja o centro do mundo e que não se mova, e de que a Terra não esteja no centro e que se mova; e a que não tivesse, defendesse, nem ensinasse de qualquer modo, nem por voz, nem por escrito, a falsa doutrina referida; e por ter sido notificado de que esta doutrina é contrária às Sagradas Escrituras — escrito e imprimido um livro no qual trato da mesma doutrina já condenada e apresento razões com muita eficácia em seu favor, fui julgado veemente suspeito

de heresia, isto é, de ter tido e acreditado que o Sol seja o centro do mundo e esteja imóvel e que a Terra não seja o centro e que se mova. Portanto, querendo retirar da mente de Vs. Eminências e de todo fiel cristão esta veemente suspeita (...) com o coração sincero e fé não fingida abjuro, e amaldiçoo e detesto os erros e heresias acima (...) (17: XXIV).

Os *Discursos e demonstrações matemáticas sobre as duas novas ciências* (nome completo de sua última obra) referem-se à estática (resistência dos materiais) e à dinâmica (estudo dos movimentos). Esse livro foi publicado quando Galileu tinha 74 anos, em 1638, e após cinco anos de confinamento desde sua condenação. Como efeito, complicou-se ainda mais sua situação, pois alguns de seus críticos passaram a afirmar que Simplicio era a caracterização do cardeal Belarmino, bastante influente na Cúria Romana, que aconselhara Galileu a abandonar a posição realista em relação às teses copernicanas, pois o próprio Copérnico expressara-as *ex suppositione*, isto é, como hipóteses.

Mesmo condenado pela Inquisição ao silêncio, permanecendo preso em sua vila, em Arcestri, Galileu continuou suas pesquisas. No final da vida, já cego, ditou ainda a *Torricelli**, nos últimos meses de 1641, um trabalho sobre a teoria euclidiana das proporções, onde discutia os fundamentos sobre os quais havia construído suas demonstrações.

Em 8 de janeiro de 1642, com quase 78 anos, o grande sábio morreu. Consta que teria mais uma vez murmurado a frase que dissera silenciosamente quando, oito anos antes, tivera de abjurar: "*Eppur si muove*" ("Contudo [a Terra] se move").

Recentemente, o professor italiano Pietro Redondi, diretor adjunto do Centro Alexandre Koyré de Paris, publicou volumosa obra (33), onde mostra que o processo contra Galileu por adesão às teses copernicanas "não passou de um simulacro", pois a defesa da teoria corpuscular para a matéria, com adesão ao atomismo, era incompatível com os pressupostos filosóficos usados na interpretação do rito religioso, em particular com o dogma da Eucaristia, central na fé católica. Segundo o ponto de vista da ciência, não poderia haver transformação da matéria.

Em 31 de outubro de 1992, o papa João Paulo II, encerrando formalmente os trabalhos de uma comissão criada treze anos antes, reabilitou oficialmente Galileu da condenação imposta há 359 anos, qualificando-o como "crente sincero" e "físico genial". O papa, ao pedir à Igreja e aos cientistas que estivessem alertas para que não houvesse um "novo Galileu", disse:

"O erro dos teólogos da época, quando eles mantiveram a centralidade da Terra, foi pensar que nossa compreensão da estrutura física do mundo era, de certa for-

ma, imposta pelo sentido literal da Sagrada Escritura".

Depois de afirmar que o reconhecimento do erro deveria levar à melhoria das relações entre a Igreja católica e a ciência, uma das metas de seu pontificado, o papa afirmou:

"O caso Galileu foi o símbolo da suposta rejeição da Igreja ao progresso científico. Uma trágica incompreensão mútua foi interpretada como o reflexo de uma oposição fundamental entre ciência e fé. Este triste desentendimento agora pertence ao passado".²

No ano em que morreu Galileu, nasceu outro gigante da ciência: Newton. Antes, porém, de conhecê-lo um pouco, é preciso fazer uma referência especial a Francis Bacon e a René Descartes.

FRANCIS BACON: O CRIADOR DA CIÊNCIA EXPERIMENTAL

Francis Bacon (1561-1626), barão de Verulam, foi chanceler da Inglaterra. Estudou no Trinity College de Cambridge, tornando-se hostil à escolástica e a Aristóteles. Tendo assumido na política os cargos mais importantes, foi acusado e condenado por corrupção. Dedicou-se à filosofia, sendo autor de várias obras: *Ensaio*, *Novum organum* e *A grande restauração*, onde propõe que, para se conhecer a na-

² Folha de São Paulo, 1º-11-1992, p. 11, 31 e 36

tureza, é preciso *observar* (acumular) os fatos, *classificá-los e determinar suas causas*. É considerado um dos criadores do método científico moderno e da ciência experimental. Porém, não aceitou o copernicanismo, apresentando argumentos contra a concepção heliocêntrica.

DESCARTES OU UMA MANEIRA OCIDENTAL DE PENSAR

Descartes* talvez seja o filósofo que mais influenciou (e ainda influencia) a maneira ocidental de pensar. Em 1634 chegou a suas mãos o *Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo*, de Galileu. Após uma leitura contínua de trinta horas, observou:

"Galileu filosofa muito acerca do movimento, mas tudo aquilo que afirma da velocidade dos corpos que caem no vácuo etc. é estabelecido sem fundamento, pois ele deveria determinar antes o que é gravidade; e se conhecesse a sua verdade saberia que é nula no vácuo" (40: 73).

Mesmo com essas críticas, Descartes não deixou de reconhecer que Galileu teve o mérito de abandonar a escolástica e examinar as matérias físicas a partir de raciocínios matemáticos.

A essência do pensamento cartesiano não consiste na solução dos problemas que preocupavam os cientistas de então, mas na elaboração de

um *sistema completo*, com o qual pretendia substituir a escolástica, banindo todas as qualidades e formas substanciais em favor de um mecanicismo universal que explicasse os fenômenos deste mundo visível com a ajuda de apenas três conceitos: *extensão, figura e movimento*. Apesar disso, elaborou também um modelo de universo, sobre o qual disse:

"Terei mais cuidado que Copérnico em não atribuir de modo algum movimento à Terra, e diligenciarei para que minhas razões a esse respeito sejam mais verdadeiras que as de Tycho".

A proposição "*Cogito, ergo sum*" (Penso, logo existo) é uma de suas frases mais conhecidas, sendo, segundo ele, "a primeira e a mais certa que se apresenta àquele que conduz seus pensamentos com ordem". Partindo da dúvida metódica, Descartes justifica o poder da razão de perceber o mundo através de idéias claras e distintas.

"A filosofia cartesiana, de fato, não é apenas uma filosofia que se distingue estritamente da ciência. Ela é ao mesmo tempo uma filosofia que desenvolve de uma maneira sistemática a oposição filosofia-ciência: as categorias de pensamento e espaço" (25: 39).

Entre suas muitas obras, as mais importantes são *Discurso do método* (1637) e *Princípios de filosofia* (1644). Introduziu o procedimento de localizar um ponto no espaço através de duas retas que for-

mem um ângulo reto entre si, ainda hoje conhecido como *sistema de coordenadas cartesianas*. A Descartes devemos a importante associação da geometria à álgebra. Quando ensinou, entre outras coisas, esse sistema na Universidade de Cambridge, foi muito bem acolhido. Um dos que estudaram em sua obra foi Newton, cuja fabulosa contribuição para a ciência sintetizamos a seguir.

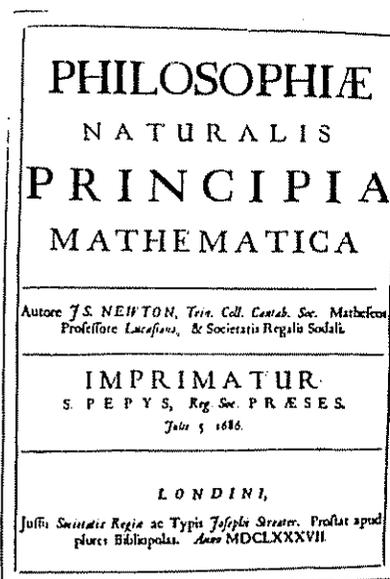
UM POUCO SOBRE UM DOS MAIORES GÊNIOS DA CIÊNCIA

Isaac Newton (1642-1727) nasceu em Woolsthorpe, interior da Inglaterra, prematuramente, no dia de Natal. Seu pai, um pequeno pro-



Isaac Newton, que no livro *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, cujo frontispício está na reprodução, descreveu com linguagem matemática os movimentos dos planetas ao redor do Sol demonstrados por Copérnico.

prietário rural, havia falecido dois meses antes. Esperava-se que Newton continuasse a tradição familiar, mas, em vez da aptidão para a agricultura, envolvia-se com instrumentos mecânicos e com observações da natureza. Vencendo resistências, sua mãe permitiu que ele se preparasse para cursar a universidade. Com dezenove anos, Newton foi para o Trinity College de Cambridge. Executava trabalhos domésticos para os colegas de faculdade para pagar suas despesas. Não foi aluno brilhante, mas leu os *Principios de filosofia* de Descartes e o *Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo* de Galileu, talvez por sugestão de Isaac Barrow, um professor de matemática que



muito o estimulava, vislumbrando no aluno uma grande promessa. Nessa época Newton já havia formulado o que hoje conhecemos por *binômio de Newton*. Quando estava no quarto ano da universidade, um surto de peste bubônica que grassava na Europa atingiu Cambridge e, na impossibilidade de prestar atendimento médico aos alunos, a universidade fechou. Newton voltou para sua aldeia, lá permanecendo por mais de dois anos.

Foi nessa sua estada em Woolsthorpe que ele fez três descobertas fundamentais que ainda hoje assombram o mundo científico, pelo fato de terem sido realizadas por um jovem que estava em sua aldeia, sem nenhum contato com a academia:

1. O método matemático das fluxões (porque trata de quantidades variáveis ou *fluidas*) ou cálculo diferencial.
2. A lei da composição da luz (o disco de Newton*), base para o sistema científico da óptica.
3. A lei da gravitação universal, esta sempre associada ao folclórico episódio da queda da maçã* da árvore, quando Newton estava descansando.

Deve-se registrar que Newton jamais publicou qualquer texto relativo a essas três importantes descobertas, havendo referências de que era muito retraído e reservado, com grande aversão à atenção pública e à controvérsia. Todas as

suas publicações posteriores foram feitas por pressão de amigos, e ele teria lamentado posteriormente por não resistir às insistências.

Passado o surto de peste, que dizimara grande parte da população inglesa, Newton voltou à Universidade de Cambridge, assumindo, aos 27 anos, a cátedra de matemática, como sucessor de seu grande inspirador, o professor Barrow. Permaneceu nesse cargo durante os 27 anos seguintes. Continuou a fazer experimentos, principalmente na construção de telescópios de refração, com os quais observou os satélites de Júpiter. Por um longo tempo não se destacou nos círculos científicos, talvez por sua aversão em publicar suas descobertas. Em 1672 tornou-se membro da Royal Society, onde apresentou sua famosa memória *Nova teoria sobre a luz e a cor*, sucedida de outros trabalhos na mesma linha que levaram à descoberta dos *anéis de Newton*. Em 1704, todas as suas investigações nesse campo foram publicadas em um famoso livro, *Óptica*.

Porém, de todos os livros que influenciaram profundamente os assuntos humanos, poucos foram mais célebres (e tão pouco lidos) que o *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, ou *Principios matemáticos de filosofia natural*, usualmente referido como *Principia*, publicado em 1687 após pedidos insistentes (acompanhados de patrocínio financeiro) de seu amigo, o astrônomo Edmundo Halley, que, ao visitá-lo em Cambridge, para solicitar-lhe orientação para

seus trabalhos, ficou impressionado com as teorias do movimento dos corpos sob a ação da gravidade.

O livro *Principia*, escrito em latim técnico, profusamente ilustrado com diagramas geométricos complexos, foi endereçado quase que exclusivamente a astrônomos, matemáticos e físicos.

"Um dos principais biógrafos de Newton declarou que, quando o livro foi publicado, no último quartel do século XVII, não havia mais do que três ou quatro homens vivos capazes de compreendê-lo. (...) O próprio autor reconheceu que era um livro difícil, porém não se desculpou disso, pois o tinha planejado assim, sem concessões aos matematicamente iletrados" (11: 181).

Eis uma explicação para o fato de, no Brasil, a publicação da obra só ter ocorrido trezentos anos depois de seu lançamento, em uma primorosa edição da Editorial Nova Stella.

"Um breve sumário dos *Principia* em linguagem não-técnica é uma tarefa difícil, se não impossível. (...) A obra, como um todo, ocupa-se dos movimentos dos corpos tratados matematicamente, em particular da aplicação da dinâmica e da gravitação universal ao sistema solar. Começa com uma explicação do cálculo diferencial ou das 'fluxões', inventado por Newton e usado como instrumento de computação em toda a obra. Seguem-se as definições de tempo e espaço, e uma exposição das leis do movimento enunciadas por Newton, com

ilustrações de sua aplicação. É enunciado o princípio fundamental de que cada partícula de matéria é atraída por todas as outras partículas com uma força inversamente proporcional ao quadrado das distâncias. Também são dadas leis que regem o problema da colisão dos corpos. Tudo se acha expresso em formas geométricas clássicas" (11: 186).

No primeiro livro dos *Principia* estão os fundamentos da moderna ciência da física matemática, da hidrostática e da hidrodinâmica. No segundo livro Newton demoliu o mundo de Descartes, então muito aceito. No terceiro, intitulado "O sistema do mundo", está o ápice da genialidade newtoniana, ao abordar as conseqüências astronômicas da lei da gravitação, onde determinou as massas de diversos planetas, relacionando-as com a da Terra. Outra aplicação foi a análise das marés e o estudo dos cometas, estes de grande interesse popular, que permitiu a seu amigo Edmundo Halley prever o aparecimento, em períodos de 75 anos, do cometa que leva seu nome.

Os *Principia*, considerados como a maior ruptura que houve, em todos os tempos, na ciência, levaram o próprio Newton a sustentar a universalidade das leis neles expostas. A natureza é "muito conforme a si mesma", afirma ele na questão 31 da *Óptica*,

"e esta elipse vigorosa encobre uma pretensão hiperbólica: combustão, fermentação, calor, coesão, magne-

Prigogine, Prêmio Nobel de Química em 1977, escreveu:

"O tom enfático de Pope não nos deve admirar. Aos olhos da Inglaterra do século XVIII, Newton é o novo Moisés a quem as 'tábuas da lei' foram reveladas. Poetas, arquitetos, escultores e outros artistas concorrem a projetos de monumentos. Toda a nação se congrega para comemorar o acontecimento de um homem que descobriu a linguagem que a natureza fala — e à qual ela obedece" (32: 19).

Herói nacional mesmo antes de morrer, Newton tornou-se, um século mais tarde, o símbolo da revolução científica européia. Os astrônomos perscrutaram o céu, onde, a partir de então, a matemática dita leis e predições. Fato absolutamente extraordinário, o sistema newtoniano triunfou sobre os obstáculos; mais ainda, deixou a porta aberta a desenvolvimentos matemáticos que permitiram encontrar desvios aparentes e mesmo, num caso célebre, inferir desses desvios a presença de um corpo celeste até então desconhecido. Pode-se dizer que a "descoberta" de um novo planeta, Netuno, consagrava a força profética da visão newtoniana.

É ainda de Prigogine a afirmação:

"Doravante é newtoniano tudo o que trata de leis, de equilíbrio, tudo o que reativa os mitos da harmonia onde podem comunicar a ordem natural, a ordem moral, social e política. O sucesso newtoniano reúne

tismo, (...) não existe processo natural que não seja produzido por forças ativas, atração e repulsão, que regulam o curso dos astros e a queda dos corpos".

Newton não desconheceu as contribuições dos que o antecederam, especialmente as de Brahe, Kepler e Galileu. Vale repetir sua frase: "Se vi mais longe do que os outros homens, foi porque me coloquei sobre os ombros de gigantes".

Posteriormente à publicação dos *Principia*, Newton parece ter perdido o interesse pela pesquisa científica, apesar de ainda ter vivido quarenta anos após seu lançamento. Recebeu várias honrarias, tendo sido feito cavaleiro do reino: *sir* Isaac Newton. Foi nomeado diretor da Casa da Moeda e eleito presidente da Royal Society, cargo que exerceu por 24 anos, até a sua morte, em 1727, com 85 anos. Viu a publicação da segunda e da terceira edição dos *Principia*.

A reverência que a Inglaterra tributou ao seu grande gênio pode ser avaliada no epitáfio escrito pelo poeta A. Pope para a lápide de *sir* Isaac Newton, que está sepultado com reis, rainhas e outros grandes heróis ingleses na Abadia de Westminster, em Londres:

"*Nature and nature's laws lay hid in night.*

God said, let Newton be! And all was light."

("A natureza e as suas leis jazem ocultas na noite.

Deus disse: Que Newton existia! E tudo se fez luz.")

desde então os mais diversos projetos. Certos filósofos românticos da natureza descobrem no mundo newtoniano um universo encantado, animado pelas forças mais diversas. Os físicos mais 'ortodoxos' vêem nele um mundo mecânico e matematizável, regido por uma força universal. Para os positivistas é o êxito de um procedimento" (32: 20).

É fácil entender a convulsão do mundo científico de trezentos anos atrás com as repercussões dos trabalhos de Newton. A ciência newtoniana é uma ciência *prática*: uma de suas fontes é o saber dos artesãos da Idade Média e dos construtores de máquinas; ao menos em princípio, ela própria fornece os meios de agir no mundo, de prever e modificar o curso dos processos, de conceber dispositivos próprios para utilizar e explorar forças e recursos materiais da natureza.

Ainda hoje a ciência newtoniana representa um sucesso exemplar. Os conceitos dinâmicos que introduziu constituem uma aquisição definitiva que transformação alguma da ciência poderá ignorar. Isso pode ser exemplificado com o grande número de leis ou fórmulas que têm o seu nome, situação ímpar em relação a qualquer outro nome em toda a história da ciência, como:

Anéis de Newton, na física, no estudo de fenômenos de interferências luminosas.

Angüina ou *Serpentina de Newton*, na matemática, uma das 72 espécies de cúbicas estudadas por Newton.

Binômio de Newton, na matemática, uma das relações mais famosas, relativa à soma de quadrados.

Campo newtoniano, na física das forças gravitacionais.

Fórmula de Newton, nos estudos de óptica, para determinar distâncias focais em lentes e espelhos.

Lei da gravitação de Newton, uma de suas mais famosas descobertas, associada à observação anecdótica da queda de uma maçã.

Lei da viscosidade de Newton, na física, destinada a determinar a velocidade de escoamento de líquidos.

Lei do resfriamento de Newton, proposta para o estudo quantitativo do resfriamento.

Leis do movimento de Newton, na física, que tratam dos três princípios: *inércia*, *ação das forças* e *ação e reação*.

Metal de Newton, na química, uma liga de cinco partes de estanho e oito partes de bismuto.

Método de interpolação de Newton, na matemática, destinado ao cálculo de variáveis em progressão aritmética.

Parábolas divergentes de Newton, na matemática, para representar a perspectiva de todas as cúbicas.

Regra de Newton, na matemática, relativa ao limite superior das raízes reais das equações algébricas.

Teoremas geométricos de Newton, na matemática, conjunto de quatro teoremas relativos às cônicas.

Transformação de Newton, que permite a transformação da equação das cúbicas para a das parábolas divergentes.

Tridente de Newton, representado pela cúbica, cuja equação cartesiana está num referencial cartesiano.

Tubo de Newton, na física, longo tubo no qual se pode efetuar o vácuo.

A referência a essas quase duas dezenas de contribuições que levam o nome do gênio serve para dar uma visão panorâmica da contribuição newtoniana à ciência.

INQUISIÇÃO E BRUXARIA

Ainda que possa parecer estranha a menção desses dois assuntos, já que o primeiro é do século XIII e o auge da caça às bruxas se deu no século XVII, de diversas maneiras os dois fatos se entrelaçam e trazem significações para uma análise do período que se considera o mais privilegiado para a ciência. Um e outro merecerão comentários panorâmicos neste texto.

A Inquisição, como o nome já demonstra, tinha como função primordial *inquirir* ou investigar toda e qualquer opinião ou doutrina contrária ao ensinamento oficial da Igreja, e nasceu da necessidade de combater os hereges, que se multiplicavam na Europa ocidental a partir do século XII, especialmente os albigenses ou cátaros. Inicialmente confiada a tribunais ordinários, a Inquisição tornou-se, em

1231, por delegação papal, especialidade dos dominicanos, que tinham independência quase total na repressão das heresias. Nessa tarefa inquisitorial destacou-se o prior do Convento de Segóvia, na Espanha, Tomás de Torquemada, de sinistra memória na história da Inquisição no final do século XV.

"A partir desse momento a Inquisição mostra toda a sua força. Por toda a parte ela descobre milhares e milhares de hereges. Multiplicam-se os torturados, os imolados na fogueira e os enterrados vivos. Nem cadáveres eram poupados. Muitos foram exumados para serem submetidos a um holocausto exemplar. (...) O procedimento inquisitorial é protegido pelo mais absoluto segredo. A missão sagrada a que são submetidos os inquisidores justifica toda a prepotência. Os denunciantes ou delatores ficam no total anonimato. (...) A forma mais benigna de tortura é a flagelação. Mesmo sob tortura as confissões dos culpados são consideradas como espontâneas" (21: 77).

Não há necessidade de continuar. Sabemos como a Inquisição influiu em diferentes períodos. Basta recordar Giordano Bruno, um dos mártires da verdade científica. Alexandre Koyré* fez dele a ponte entre "o mundo fechado e o universo infinito".

A bruxaria e a demonologia apareceram, paradoxalmente, no mesmo momento em que a Revolução Científica transformava a maneira de a humanidade pensar, mi-grando de uma concepção geocên-

trica para a heliocêntrica, deixando também, com isso, de ser antropocêntrica. Koyré destaca que:

"a época do Renascimento foi uma das épocas menos dotadas de espírito crítico que o mundo conheceu. Trata-se da época da mais grosseira e profunda superstição, da época em que a crença na magia e na feitiçaria se expandiu de modo prodigioso, infinitamente mais que na Idade Média. Sabemos que, nessa época, a astrologia desempenha um papel muito mais importante do que a astronomia — parente pobre, como disse Kepler — e que os astrólogos desfrutavam posições oficiais nas cidades e junto aos potentados. E se examinarmos a produção literária dessa época, é evidente que não são os belos volumes dos clássicos produzidos nas livrarias venezianas que fazem grande sucesso de livraria: são os de demonologia e os livros de magia" (21: 19).

A perda da ontologia tradicional deu origem a uma ontologia mágica, fundada na crença do "*tout est possible*", onde se crê irracionalmente nas forças sobrenaturais, notadamente demoníacas, e se admite em toda parte a presença de bruxas ou feitiçeiras.

"Praticamente, todo o mundo acredita na magia, nos demônios e nas bruxas. São dados de evidências. São tomados como fatos incontestáveis. Os testemunhos são contundentes e insuspeitos. Não adianta negá-los para eliminá-los. A racionalidade científica e mecanicista nascente, tentando explicar

que tudo é natural e que mesmo os fatos miraculosos se explicam por uma ação da natureza, nem por isso consegue deter o avanço inexorável da feitiçaria e da magia satânica" (21: 20).

Na Europa, no período que vai de 1550 a 1650, há uma verdadeira "epidemia de bruxaria", justamente quando explode a ciência moderna. Assim como o cristianismo não venceu o paganismo, e muito dele incorporou, a ciência não derrotou a magia.

Na mesma análise verificamos

"tratar-se de um fenômeno total, profundamente solidário a uma teologia, a uma cosmologia e a uma antropologia. Todos admitem que os anjos e demônios constituem, na terra, mensageiros do sobrenatural (...) O esquema cristão confere aos poderes das trevas um lugar importante na história da salvação, ao lado das forças da luz. O próprio Cristo teve que enfrentar Satanás. Por isso, rejeitar as influências demoníacas era posicionar-se contra as verdades da Revelação e o ensinamento da Igreja" (21: 21).

Assim, a demonologia passa a ser, também, uma explicação para os fenômenos naturais, na medida em que a teologia buscava o domínio de todo o conhecimento. É o demônio que provoca mortes súbitas, tempestades violentas, doenças incuráveis, impotência masculina, esterilidade feminina e outros males. As mulheres, principalmente as solteiras, as viúvas e as mais idosas, são responsabilizadas por cau-

sarem as desgraças pelos poderes que lhes são conferidos por Satã, com quem satisfazem seus apetites carniais depravados, mantendo relações sexuais noturnas. Uma vez por semana, Satã preside o *sabbath*, que é uma sessão de orgia sexual, onde se usam unguentos fabricados com carne de criancinhas não-batizadas.

Para lutar contra o mal da bruxaria, tanto a Igreja católica quanto a protestante organizaram uma verdadeira cruzada de "caça às bruxas", utilizando todos os recursos disponíveis para punir os culpados desses crimes com as mais cruéis torturas, que geralmente culminavam com a morte na fogueira. É célebre desse período um livro,

verdadeiro *vade mecum* inquisitorial, escrito por dois religiosos alemães, Heinrich Kramer e Jacob Spengler, intitulado *Malleus maleficarum* (*O martelo das feiticeiras**). O papa Inocêncio VIII nomeou esses dois inquisidores para erradicarem por completo a feitiçaria que grassava na cristandade, enumerando em bula papal os crimes causados pelas bruxas. O livro é um manual de misoginia, isto é, de antipatia e de horror às mulheres, descrevendo-as como criaturas sensuais, carniais e depravadas sexualmente, que só utilizam o sexo para induzir o homem ao mal, daí ser urgente instaurar processos de caça às bruxas.

* * *

A verdade surgida com a Revolução Científica enfrentava um inimigo bastante poderoso: a filosofia mágica. Isso determinou o surgimento do Século das Luzes, assunto do capítulo seguinte.

8 SÉCULO XVIII: O SÉCULO DAS LUZES

A humanidade que aprendera como é o universo agora descobre que não precisa de tutores para pensar.

Depois das modificações fabulosas que vimos acontecer no capítulo anterior, o homem elaborou novas concepções para o seu *ver o mundo*. Podemos, assim, avançar mais um pouco neste passeio que estamos fazendo pela maravilhosa construção do conhecimento. Estamos, agora, no século XVIII. É o Século das Luzes, período conhecido como do Iluminismo ou da Ilustração. É Kant* quem nos diz o que é o Iluminismo:

"A saída do homem da sua menoridade, da qual ele é o próprio responsável (...) '*Sapere aude!*' Tenha coragem de usar seu *próprio* entendimento" (4: 114).

Kant, portanto, define o Iluminismo como aquilo que permite ao homem pensar por si mesmo e repensar as decisões dos outros. Os filósofos do século XVIII se concebiam como lutando contra as "trevas" da ignorância, da superstição e do despotismo. Na verdade, o Ilu-

minismo é muito mais que um movimento filosófico, tendo uma dimensão literária, artística e política. No plano político, defendeu as liberdades individuais e os direitos do cidadão contra o autoritarismo e o abuso do poder.

Não podemos nos esquecer, quando consideramos todo esse movimento, de que as próprias designações traduzem o otimismo no poder da razão em reorganizar o mundo humano que havia recém-emergido do século XVII, momento das grandes revoluções, tanto na filosofia quanto na ciência, com seus múltiplos entrelaçamentos.

São o racionalismo e o empirismo do século XVII que dão o substrato filosófico para as reflexões do Iluminismo. Descartes propunha uma filosofia que rompia com o escolasticismo, dando início à grande libertação do pensar tutelado. Locke* avançou nessa rebelião ao tutelamento, mostrando o valor dos sentidos e da experiência na elaboração do conhecimento.

"A consequência de seu empirismo se revela na concepção do Estado social e do poder político: em primeiro lugar, refuta o direito divino e o absolutismo, pois trata-se de renunciar a essas especulações para voltar às coisas mesmas; em seguida, declara que o poder só é legítimo quando é a emanção da vontade popular, pois a soberania pertence ao povo que a delega a uma assembléia ou a um monarca; finalmente, antecipa Marx declarando que o fundamento da propriedade é o trabalho" (22: 153).

Assim surge o Iluminismo, como filho emancipado do cartesianismo, onde há o gosto pelo raciocínio e o exercício audaz da dúvida metódica, aqui associada ao empirismo, onde o "penso, logo existo" transforma-se em "sou, logo penso".

Há razões de sobra para o Iluminismo se caracterizar como o período de uma filosofia laica, recusando-se a servir à teologia (que associa à escolástica). Voltaire evidencia isso com todas as letras em uma carta ao rei da Prússia:

"Vossa Majestade prestará um serviço imortal à humanidade se conseguir destruir essa infame superstição [a religião cristã], não digo na canalha¹, indigna de ser esclarecida e para a qual todos os julgos são bons, mas na gente de peso" (31: 133).

Assim como a filosofia do século XVII, com o racionalismo de

Descartes e com o empirismo de Locke, direcionou o Iluminismo, o advento da ciência galilaico-newtoniana foi outra influência importante, particularmente nas obras dos filósofos, historiadores e cientistas que, desde então, continuaram e continuam a construção do conhecimento, pois é realmente no século XVIII que ocorre a emancipação da ciência. Até então os naturalistas que estudavam a Terra deviam levar em conta a Sagrada Escritura, sob pena de sofrerem sanções da Igreja. Alguns encaravam as nascentes ciências da Terra apenas como um meio de provar a veracidade das Escrituras, enquanto outros contentavam-se em manifestar a sua ortodoxia em alguma passagem de suas publicações; outros, porém — e entre estes estão os enciclopedistas —, tinham idéias mais avançadas.

O ENCICLOPÉDISMO E OS ENCICLOPÉDISTAS

Quando se deseja mostrar a preocupação de homens e mulheres do Século das Luzes em resgatar o conhecimento até então acumulado, parece válido conhecer um pouco mais sobre a *Enciclopédia*, reconhecida como "máquina de guerra posta a serviço das doutrinas filosóficas". Seu "Discurso preliminar" é considerado como a mais "admirável síntese do conhecimento humano".

¹ Voltaire deve estar se referindo ao povo simples, que julga indigno de ser esclarecido, em oposição aos letrados, que são "gente de peso".

A *Enciclopédia*, como é conhecida *L'encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, l'ouvrage d'une société de gens de lettres (A *enciclopédia ou Dicionário raciocinado das ciências, das artes e dos ofícios por uma sociedade de letrados*), é talvez a obra fundamental do Século das Luzes, pois quando Diderot* lançou em 1750 seu *Prospectus*, anunciando-a, delineou o aspecto ambicioso de "traçar um quadro geral dos esforços da mente humana, em todos os gêneros, em todos os tempos", definindo que o verdadeiro

"objetivo de uma enciclopédia é o de reunir os conhecimentos dispersos sobre a superfície da Terra, expor o seu sistema geral aos homens com os quais vivemos, para que os nossos descendentes, tornando-se mais instruídos, tornem-se, ao mesmo tempo, mais virtuosos e felizes".

Nessas afirmações de Diderot podemos ver o quanto era ambiciosa a proposta. Com o primeiro volume publicado em 1751, a *Enciclopédia* foi inicialmente prevista para sair em oito volumes de texto e dois de gravuras e ilustrações. Conseguiram um compromisso de cerca de 160 colaboradores, e sua viabilidade dependia do interesse manifesto de um determinado número mínimo de pessoas, chegando a ser surpreendente que em 1757 contasse com mais de 4 mil assinantes. Envolveu a participação de quatro livreiros (Le Breton, Brias-

son, David e Laurent Durant) e por 25 anos garantiu a subsistência de mil operários.

A *Enciclopédia*, que deveria ser uma simples tradução da *Cyclopaedia* inglesa de Chambers, transformou-se em um monumental trabalho original. Como Diderot e D'Alembert explicaram, os franceses não teriam aceitado uma tradução pura e simples e reagiriam com indignação, pois seriam apresentadas, com um título faustoso e novo, apenas riquezas que eles possuíam havia muito.

Já na Idade Média, e até antes, houve a preocupação de se publicar livros que transmitissem o

ENCYCLOPÉDIE,
OU
**DICIONNAIRE RAISONNÉ
DES SCIENCES,
DES ARTS ET DES MÉTIERS.**

PAR UNE SOCIÉTÉ DE GENS DE LETTRES.

Seu esboço foi publicado por M. DIDEROT, de l'Académie Royale des Sciences de nos Rois; Leveillé de Prusse; et de la Prusse Maritime; par M. D'ALEMBERT, de l'Académie Royale des Sciences de Paris, de celle de Prusse, et de la Société Royale de Londres.

Tous les livres qui ont paru, par la Société de gens de lettres, ont été imprimés chez M. DEBAILLON.

TOME PREMIER



A PARIS.

Chez M. DEBAILLON, au Salon de Peinture, à la Cour du Louvre; chez M. D'ARTIS, au Salon de Peinture, à la Cour du Louvre; chez M. DEBAILLON, au Salon de Peinture, à la Cour du Louvre; chez M. DEBAILLON, au Salon de Peinture, à la Cour du Louvre.

M. DCC. LI.

AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROI.

Página de rosto do 1º volume da 1ª edição de uma das publicações mais importantes do Século das Luzes: *Encyclopedie*

conjunto de todos os conhecimentos humanos. Assim, a *Enciclopédia* não foi pioneira no seu gênero. Antes haviam surgido trabalhos lapidares. Aristóteles abordou todos os ramos do saber: lógica, física, filosofia, botânica, zoologia, metafísica etc. A mais antiga obra enciclopédica de que se tem conhecimento é a *História natural* de Plínio, compilada no ano 79, embora seu autor afirmasse haver tratado nela de todos os temas da *Enciclopédia* dos gregos. Esse trabalho de Plínio foi consultado como referência para diversos assuntos durante a Idade Média.

Diderot e D'Alembert nos contam como procederam para escrever determinados verbetes:

"Tudo nos determinava a recorrer aos operários. Dirigimo-nos aos mais hábeis de Paris e do reino; tivemos o trabalho de ir até suas oficinas, interrogá-los, de escrever o que ditavam, de desenvolver seus pensamentos, de extrair deles termos próprios de suas profissões, de estabelecer seus índices, de defini-los, de conversar com aqueles com quem havíamos obtido memórias e (precaução quase indispensável) de retificar, em longas e freqüentes conversas com alguns, o que outros haviam imperfeita, obscura e, algumas vezes, infielmente explicado. (...) Vimos operários que trabalham há quarenta anos sem nada conhecerem de suas máquinas. Foi-nos necessário exercer com eles a função de que se orgulhava Sócrates, a função penosa e delicada de fazer dar à luz os espíritos".

Essa tarefa foi muitas vezes difícil, pois os autores nos informam que

"há ofícios tão singulares e manobras de tanta precisão que, a menos que se trabalhe pessoalmente, que se mova uma máquina com as próprias mãos e que se veja a obra formar-se sob os próprios olhos, é difícil falar dela com exatidão. Foi necessário, por várias vezes, obter máquinas, construí-las, pôr mãos à obra, tornar-se, por assim dizer, aprendiz e fazer pessoalmente obras, mas para ensinar aos outros como se fazem as boas. (...) Enviaram-se desenhistas às oficinas. Tomou-se o esboço das máquinas e das ferramentas. Nada foi omitido do que podia mostrá-las distintamente aos olhos. (...) Uma olhada ao objeto ou a sua representação diz mais que uma página de exposição".

O primeiro volume inicia-se com o "*Discours préliminaire des éditeurs*", onde em 45 páginas Diderot e D'Alembert explicam a obra e apresentam os colaboradores, dando destaque para as diferentes contribuições. São as melhores inteligências da época, cada um encarregado de um certo número de verbetes, segundo as suas especialidades e preferências; por exemplo, Voltaire e Condorcet (filosofia), Rousseau (música), Buffon (ciências naturais), D'Alembert (matemática) e centenas de outros. Diderot, além da coordenação geral, encarregou-se dos verbetes de história da filosofia.

Diderot e seus colaboradores, ao contrário dos dicionaristas tradicionais, estavam menos preocupados em tratar da heráldica e mais da fabricação de calçados ou do comércio de cereais. Os enciclopedistas pertenciam a um setor de atividade onde se elaborava a nova ordem econômica e social. Na relação de 4 mil subscritores não constavam negociantes, mas estavam incluídos médicos e funcionários. Até 1780 foram publicados dezessete volumes de texto, onze de pranchas e ilustrações, cinco de suplementos e dois de índice geral.

D'Alembert (1717-1783), além de enciclopedista, foi um genial cientista que prestou significativa contribuição à análise matemática. Talvez chegasse a ombrear com dois outros contemporâneos, Euler (1707-1783) e Lagrange (1749-1827), não fosse seu envolvimento com a redação da *Enciclopédia*, onde escreveu sobre música, mecânica aplicada e astronomia, na busca do progresso do movimento filosófico. Aliás, D'Alembert teve como coetâneos, além dos dois referidos, uma plêiade dos maiores nomes da análise matemática, na maioria franceses, entre eles alguns discípulos de Newton e Leibniz* (1646-1716): Maclaurin (1697-1746), J. Bernoulli (1667-1748), D. Bernoulli (1700-1782), Clairaut (1713-1765), Monge (1746-1818), Laplace (1749-1827) e Legendre (1752-1833).

Enfim, a publicação integral da *Enciclopédia* só chegou a bom termo graças à pertinácia e à extraordinária energia de Diderot, que freqüentemente teve de recorrer à proteção de amigos influentes e fazer pequenas concessões nos textos.

Só depois de 238 anos de sua publicação, a Editora da Unesp lançou no Brasil uma primorosa edição bilingüe do primeiro volume, que se inicia com o "*Discours préliminaire des editeurs*", contendo ilustrações extraídas da *Enciclopédia*. O texto em francês é fac-símile de originais da época da publicação, o que nos permite admirar ainda mais a monumental obra. Dessa edição foram retiradas as citações deste texto.

Mesmo no Século das Luzes a *Enciclopédia* teve dificuldades inúmeras de circulação: recebeu o rótulo de teista e herética, com manifesta tendência antigovernamental, anticlerical e anticristã, e foi colocada num *Index* muito semelhante aos dos tempos inquisitoriais².

LAVOISIER E A QUÍMICA MODERNA

Vimos o fervilhar do pensamento científico, em conseqüência das novas posturas no *ver o mundo* decorrente da revolução newtoniana. Vimos também como, com essa revolução, já no século anterior a astronomia, a física e a matemática assumiram o *status* de ciências

Quando a química chega ao século XVIII, ainda marcada pela alquimia (ainda hoje ela é considerada por muitos mais como um produto da magia), ocorre uma outra revolução, conhecida como Revolução Química. Com o estabelecimento de um novo paradigma, celebra-se a definitiva transição da alquimia à química: o mágico cede lugar ao científico; a química ascende ao fórum das ciências.

Para conhecermos um pouco desse feito, temos de recuar ao passado, para verificarmos os antecedentes da Revolução Química. Nossas últimas referências a essa ciência foram as idéias paracelsianas da quintessência. Vejamos agora alguns outros nomes.

Jean-Baptiste van Helmont (1577-1644) foi dos primeiros a propor a evolução das idéias de Paracelso. Após estudar na Universidade de Louvain, na Bélgica, Van Helmont se estabeleceu próximo a Bruxelas, onde se dedicou a pesquisas químicas, pirotécnicas e médicas. Publicou vários livros e, por discorrer sobre o magnetismo animal, foi condenado pelo Santo Ofício. Destacou a importância da experimentação e idealizou um agente universal (o *alcaest*) que seria o responsável pelas reações químicas. É nos escritos desse médico flamengo que se encontra a primeira referência à noção de "gás".

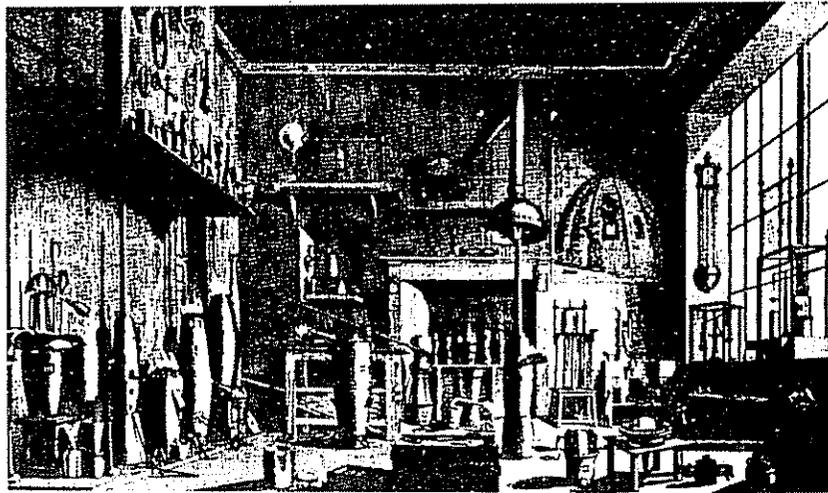
John Mayow (1641-1679) foi um inglês que estudou a combustão e as propriedades do *nitro aéreo* na pirotecnia e na agricultura.

Robert Hooke (1635-1703), que inicialmente estava destinado a seguir os passos do pai como pastor protestante, ao ingressar na Universidade de Oxford realizou descobertas importantes no campo da mecânica, inventando e aperfeiçoando muitos aparelhos. Hooke falava do ar como "solvente" e o reconhecia como necessário para manter o "fogo da vida". Muitos de seus trabalhos foram associados a um dos nomes mais importantes da química pré-lavoisieriana: Boyle.

Robert Boyle (1627-1691), filho de um conde inglês, foi físico, químico e filósofo. Estudou os gases e publicou *Origem e peso do ar*, onde apresentou a lei da compressibilidade dos gases, também descoberta, independentemente, por Mariote. Estudou o efeito da pressão atmosférica sobre o ponto de ebulição da água. Realizou estudos envolvendo calor, eletricidade e magnetismo. Distinguiu "mistura" de "composto" e foi o primeiro a apresentar a noção de "elemento". Sua obra mais importante é *O químico cético*, publicada em 1661, onde, provavelmente inspirado nos *Diálogos* de Galileu, estabelece um diálogo entre um alquimista, impregnado de idéias aristotélicas, um químico cético, cheio de dúvidas, e um cientista (ele próprio), que tudo esclarece e soluciona. As contribuições de Boyle, considerado por muitos o "Pai da Química" (como consta em seu epitáfio), foram decisivas, quase um século depois, para os trabalhos de Lavoisier, cuja história confunde-se com a do final do século XVIII.

² Sobre o mesmo assunto escrevi *A Enciclopédia*, in *Ciência & Letras*, 1993, 13:59-72

É preciso, antes, fazer referência a outro passo decisivo dado por um professor inglês e pregador presbiteriano, Joseph Priestley, autor, em 1767, de uma obra de sucesso: *A história e o estado atual da eletricidade*. Interessado em química e física, realizou vários experimentos com o ar. Sua mais importante descoberta foi em 1774, quando, aquecendo um óxido de mercúrio, de cor vermelha, obteve “um ar sem cor”, que chamou de “ar deflogisticado” (isto é, sem flogisto*), que comentaremos posteriormente. Henry Cavendish realizou uma série de experiências com o ar e com a água, concluindo que a água tinha componentes do ar. Carl Scheele, um farmacêutico sueco, concluiu sobre a existência de dois tipos de ar: o “ar de fogo”, que favorece a combustão, e um outro que a impede.

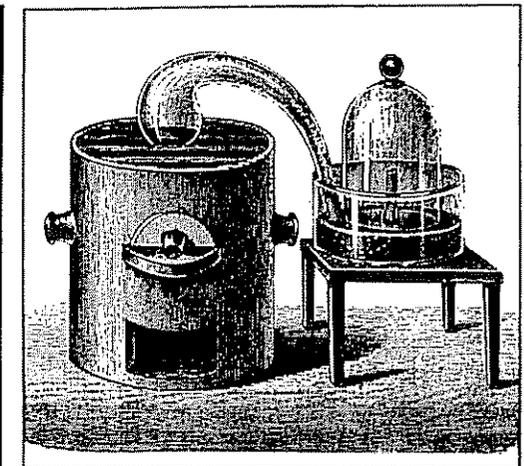


Um muito bem-equipado laboratório químico do século XVIII, quando a química passou a integrar o rol das ciências

Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794) é, na história da ciência, e particularmente na história da química, um nome ímpar. Seu livro *Traité élémentaire de chimie*, obra monumental publicada em 1789, é considerado por alguns a certidão de nascimento da química moderna (42), e Lavoisier, o “Pai da Química”. Thomas Kuhn (24) coloca o *Traité*, junto com a *Física* de Aristóteles, o *Almagesto* de Ptolomeu, os *Principia* e a *Óptica* de Newton, a *Eletricidade* de Franklin e a *Geologia* de Lyell, entre os livros que serviram para definir implicitamente os problemas e métodos legítimos de um campo de investigações para sucessivas gerações de pesquisadores.

Lavoisier pertencia à nobreza, graças a um título adquirido por seu pai. Sendo um dos principais liberais e racionalistas do Iluminismo,

SPL / STOCK PHOTOS



Lavoisier: o Terror decapitou o cidadão mas não o cientista, que em seu laboratório dispunha de muitos aparelhos, como o da ilustração, com o qual fez suas investigações sobre o oxigênio.

dedicou-se a uma variedade de serviços sociais e científicos paralelamente ao seu cargo de *fermier générale*. Muitas biografias de Lavoisier traduzem este cargo como “fazendeiro-geral”, o que não deve evocar a imagem de um camponês. Uma “fazenda” (em latim medieval, “firma” ou “pagamento fixo”) era uma quantia fixa anual recebida por uma pessoa como parte dos impostos ou outros dinheiros que ela fora autorizada a cobrar. Por extensão, “fazendeiro” referia-se à cessão do uso de qualquer coisa por aluguel. Como a maioria dos arrendamentos aplicava-se à terra, os lotes tornaram-se “fazenda”, termo usado pela primeira vez nessa concepção no século XVI; os arrendatários eram “fazendeiros”. Lavoisier era “fazendeiro-geral” no sentido próprio, sem qualquer imagem bucólica.

O ato fatal de Lavoisier foi cometido em 1768, quando associou-se à infame *Ferme Générale*, ou Fazenda Fiscal. Se considerarmos o fisco moderno uma instituição pouco benevolente, devemos considerar a tributação sob o *Ancien Régime* muito mais severa do que a de nossos dias. A cobrança de impostos era então violentamente repressiva: a nobreza e o clero estavam isentos e, portanto, os pobres tinham de contribuir significativamente para abarrotar o tesouro real por meio de tarifas sobre a movimentação de mercadorias expedidas de uma província para outra, pedágios para entrar em Paris e impostos sobre produtos como tabaco e sal. A odiada *gabelle* (“imposto sobre o sal”) era aplicada com alíquotas diversas e cobrada não sobre o consumo efetivo, mas sobre um suposto uso do produto — forçan-

do cada família a comprar uma certa quantidade do sal tributado.

O governo não cobrava os impostos diretamente. Ele determinava as alíquotas e cedia (por um período de seis anos) o privilégio de cobrar a uma empresa particular, a *Ferme Générale*, que operava visando o lucro. Se conseguia coletar mais do que o governo determinava, podia ficar com o saldo. Se não conseguisse a cota, tinha de assumir o prejuízo. O sistema não era só opressivo, era também corrupto. Várias cotas eram pagas à *Ferme Générale* como favores ou suborno. Apesar de tudo isso, Lavoisier escolheu essa empresa como o principal investimento da fortuna de sua família, tornando-se um *fermier générale*.

Há dificuldades de entender as razões dessa escolha para seus investimentos e por que nela trabalhou tão assiduamente. Podemos incluí-lo entre os mais escrupulosos dos "fazendeiros". Ele defendia a idéia da tributação universal, incluindo os nobres entre os que deveriam pagar impostos. Tinha assim o ódio dos dois lados: dos pobres de quem cobrava o imposto e dos nobres a quem queria passar a tributar. Ele se opunha às altas taxas, mas não deixou de receber seus lucros nem promoveu qualquer extensa campanha enquanto o dinheiro continuava a entrar.

Conforme argumenta Gould, Lavoisier teria feito da *Ferme* um investimento que oferecia máxima segurança e retorno com um mínimo de esforço, visando obter mais

tempo para o trabalho científico (19). A explicação é bastante difícil de sustentar, pois ele mergulhou no trabalho da *Ferme*, viajando por todo o país, por exemplo, a fim de inspecionar o cultivo do tabaco. Assim, sobrava-lhe pouco tempo para a química.

Com a Revolução, a posição de Lavoisier ficou particularmente precária. Visando impedir a sonegação de impostos decorrente da entrada generalizada de mercadorias em Paris, ele defendeu a construção de um muro em torno da cidade. Para seu desespero, o projeto, financiado por impostos cobrados em Paris, tornou-se um foco de corrupção, com milhões sendo gastos em requintados portões ornamentais. Os parisienses atribuíram ao muro a criação de uma atmosfera fétida e a disseminação de doenças.

Quando temos presente o lugar que Lavoisier ocupa na história da química e dos químicos, nos encantamos com a maneira como estabeleceu os princípios da química moderna e o modo como fez sua formação química, até por tê-la praticado como uma forma acessória a suas outras atividades. Lavoisier era completamente diferente de um químico "profissional" como Berthollet e Fourcroy, da mesma geração, ou Macqueur e Baumé, da geração anterior. Seus estudos iniciais foram jurídicos. Depois iniciou-se na pesquisa científica sob a orientação do mineralogista Jean-Etienne Guetard, que o estimulou a realizar análises de águas minerais. Posteriormente,

fez cursos com Rouelle, no Jardim du Roy.³ Mas foi sozinho que preparou os primeiros memoriais apresentados à Academia sobre assuntos de química, que lhe valeram, em 1768, aos 25 anos, a eleição como químico adjunto (20).

Pressentindo, desde 1774, que a teoria do flogisto, estabelecida pelo médico alemão G. E. Stahl (1660-1734) fundamentava-se em hipótese errônea, Lavoisier procurou outra explicação, que encontrou em diversas etapas: análise do ar atmosférico e experiências programadas sobre a combustão de substâncias bem conhecidas (metais, enxofre, fósforo, carbono etc.), pesando com precisão o material antes e depois da reação. Lavoisier persuadiu-se de que em toda a combustão há união da substância com o ar vital. Daí deduziu que a hipótese flogística era inútil e, portanto, rejeitável. Entre 1775 e 1777, Lavoisier estudou os ácidos, num trabalho que lhe permitiu coletar mais dados para sua batalha contra o flogístico. Mostrou que a transformação dos metais em seus óxidos básicos e a dos não-metais em seus ácidos ocorre por efeito de uma combinação do corpo queimado com o oxigênio, e não como explicavam os flogisticistas, dizendo que os metais perdiam o flogisto para se converter em derivados dos metais. O que hoje entendemos como oxidação de um metal (ou de um não-metal), com a sua combina-

ção com o oxigênio, resultando na formação do respectivo óxido, era explicado como a perda do flogisto (também "flogístico" ou "flogiston").

A nova teoria foi criticada pelos tradicionalistas, que não podiam conceber um sistema onde não figurasse o flogístico. As dúvidas sobre a existência do flogístico foram expostas por Lavoisier, mas os defensores das idéias de Stahl não viram, a princípio, razão para abandoná-las. Macqueur, por exemplo, uma das maiores autoridades da época, escreveu:

"Onde estaríamos nós com a nossa velha química, se fôssemos levantar um edifício completamente diferente? Confesso que, por mim, teria abandonado a partida".

A frase de Macqueur, escrita em tom de desprezo pelas hipóteses lavoisierianas, mostra, contudo, a atitude retrógrada de muitos químicos do século XVIII. Em geral, os mais velhos combateram encarniçadamente as novas idéias, e os mais jovens as defenderam com não menor ardor.

Lavoisier manteve-se no nível de conceituação de elementos-princípios com a introdução do "calórico", elemento do calor cuja quantidade combinada com a substância química determina seu estado físico, e com o princípio "oxigene", que confere propriedades ácidas às substâncias. Sua teoria dos

³ O Jardim do Rei, instalado no século XVII, cujo atual sucessor é o Museu, possuía a mais antiga cátedra de ensino de química na França, com efetivo ensino autônomo desde 1648 com Davisonne.

ácidos está de fato intimamente ligada à das oxidações e reduções. Os ácidos são formados a partir do princípio "oxigyne" e este, combinado com o calórico, forma o gás oxigênio, constituinte do ar. Admitidas como dogmas pela maioria dos químicos no início do século XIX, essas idéias tornaram-se nefastas para os químicos submetidos rigidamente à forte tradição lavoisieriana. Mas é preciso ter presente que todo fundador de uma nova teoria continua muitas vezes fortemente ligado ao seu passado (20).

Lavoisier mostrou-se sempre muito preocupado com a educação, particularmente com o ensino da química. Há um texto seu que esteve inédito por cerca de duzentos anos (8: cap. 2), intitulado *Sobre a maneira de ensinar a química*, onde faz interessantes observações sobre como transmitir essa ciência, relatando principalmente as suas experiências no aprendizado da química. Mesmo sem ter lecionado, como a maioria de seus colegas químicos, Lavoisier fez do *Traité* uma verdadeira obra didática. Ao fim de sua curta vida, em dezembro de 1792, havia preparado o plano de outra obra didática intitulada *Cours de philosophie expérimentale rangée suivant l'ordre naturelle des idées*.

Extensivamente, preocupava-se também com a escola, que, na França, antes e depois da Revolução, era

"miserável em lugar qualquer: um espaço abandonado, uma granja, uma estrebaria, na mesma peça

onde o mestre exerce outros ofícios. Nunca ou raramente um local apropriado para ser escola, sem arejamento nem iluminação, muitas vezes úmidas, frias, sem pátios nem sanitários" (29).

O professor não era reconhecido e dificilmente poderia viver só da profissão, pois não tinha salário fixo e era mal remunerado, daí surgirem os professores ambulantes ou os pequenos proprietários.

O *Traité* é fundamentado na nova doutrina newtoniana que Lavoisier abraça e exalta, como se pode ver neste trecho por ele escrito, extraído de *Sobre a maneira de ensinar a química*:

"Quanto à atração que os corpos celestes exercem entre si, é também uma verdade experimental. Mas essas experiências não são da alçada da química nem mesmo da física experimental. Vêm da astronomia física e resultam de observações de um grande número de séculos, bem como dos cálculos do imortal Newton e de alguns célebres geômetras que vieram depois dele e que foram ainda mais longe, graças ao emprego de uma análise especial, invenção sublime que eleva o homem para acima dele próprio e descobre para ele verdades de uma ordem desconhecida".

Não nos é possível aqui estender as referências que Lavoisier faz a Newton, classificando-o, com justificado respeito, de imortal. Newton, estabelecendo uma lei uni-

versal capaz de reger tanto o mundo do infinitamente pequeno como aquele do infinitamente grande, liberou os químicos da preocupação ambiciosa em que alguns deles estavam mergulhados: procurar explicar o universo a partir da interpretação dos fenômenos químicos, fundando-se sobre analogias puramente metafísicas (20). Pode-se dizer que Newton facilitou o direcionamento dos químicos no sentido de sua especialização. Entende-se, assim, a ênfase lavoisieriana na mecânica celeste nestes trechos, também de seu texto sobre o ensino da química:

"Sem nos elevar até essa altura que está acima da esfera dos conhecimentos químicos, admitiremos aqui como verdade experimental que todos os corpos da natureza se atraem na razão de sua massa e na razão inversa do quadrado de sua distância e que essa força não apenas existe nos corpos considerados em massa, mas também nas moléculas integrantes que entram na sua composição; assim é que as moléculas de um pedaço de mármore ou qualquer outro material exercem entre si uma ação completamente análoga à das moléculas da Lua ou de outro planeta".

A vida de Lavoisier se encerrou abruptamente. Com sua profissão de cobrador de impostos ele tinha amecalhado inimigos. A derrubada do muro pelos cidadãos de Paris, em 12 de julho de 1789, foi o prelúdio da queda da Bastilha dois dias depois. Lavoisier começou a

preocupar-se. A partir de 1793, no entanto, as academias científicas e sociedades culturais, que serviram ao regime monárquico (e dele se serviram), começaram a ruir uma após outra. Em novembro desse ano, Lavoisier, com integrantes da *Ferme Générale*, foi preso e intimado a prestar contas da atividade de sua empresa.

Diante do tribunal revolucionário do Terror, em 1794, aceitou o veredicto inevitável de morte, mas pediu uma ou duas semanas para terminar alguns experimentos. Coffinhal, o jovem juiz que selou o seu destino, negou-lhe o pedido, e teria dito: "*La République n'a pas besoin de savants*" ("A República não precisa de sábios"). Julgado e condenado por peculato e traição, Lavoisier foi guilhotinado em 8 de maio de 1794.

A frase atribuída a Coffinhal tornou-se antológica para a análise das relações entre a Revolução Francesa e a Academia, bem como da provável adesão tardia dos sábios à causa revolucionária. E, mesmo que ele não tenha feito a afirmação, o sentimento expresso não era inconsistente com as emoções desencadeadas naqueles episódios políticos assustadores e por demais freqüentes.

Se o comentário de Coffinhal é apócrifo, a segunda afirmação em torno da morte de Lavoisier é correta e bem-documentada. O grande matemático Joseph Louis Lagrange, seu admirável confrade na Academia, ao saber de sua execução comentou com amargura:

"Bastou um momento para fazer rolar esta cabeça, mas talvez cem anos não serão suficientes para reproduzir outra semelhante".

Os amigos influentes talvez pudessem ter salvado Lavoisier, mas não ousaram enfrentar o Terror, que tinha em Robespierre seu líder mais radical. Apenas uma delegação do Liceu das Artes enviou ao condenado uma coroa de flores — a consolação da amizade —, deixando registrado nos anais do Liceu que era "para coroar a cabeça prestes a tombar sob o cutelo" (19).

Acredito que não se perdeu apenas um químico eminente, mas também um grande pedagogo. As crônicas estão repletas de histórias daqueles que morreram com dignidade e daqueles que foram aos berros para o cadafalso. Antoine Laurent de Lavoisier morreu com grande dignidade. Conta-se que ele escreveu uma última carta a um sobrinho, aparentemente tranquilo, não sem humor, e com a fé de um intelectual na importância suprema de sua morte. Eis um trecho:

"Vivi uma vida razoavelmente longa, uma vida sobretudo muito feliz. Acho que minha falta será sentida com certo pesar, deixando talvez alguma reputação atrás de mim. O que mais poderia pedir? Os acontecimentos nos quais estou envolvido provavelmente me pouparão os problemas da velhice. Morrerei na plena posse de minhas faculdades" (19).

A reabilitação de Lavoisier deu-se tão depressa quanto sua morte. Em 1795, ano seguinte a sua execução, quando já tinham sido guilhotinados também o promotor, o juiz e cinco dos jurados que condenaram Lavoisier, sem falar no próprio Robespierre, o Liceu das Artes organizou a primeira cerimônia em sua homenagem, com Lagrange apresentando o panegírico e descerrando um busto de Lavoisier com a seguinte inscrição:

"Vítima da tirania,
amante respeitado das artes,
ele continua vivo.
Por seu gênio,
continua servindo a humanidade".

A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Não há a pretensão de se fazer, aqui, uma síntese desta outra grande realização que está na origem do homem moderno: a Revolução Industrial. Quero destacar a existência de profundas inter-relações entre a expansão do conhecimento e a industrialização. É polêmico querer definir o que dependeu de que para crescer: se a ciência da indústria ou a indústria da ciência. Sejamos simplistas. A indústria pôde surgir e crescer devido aos avanços científicos e, ao mesmo tempo, ensajou que a ciência pudessem crescer ainda mais, pois possibilitou facilidades que a artesanaria não permitiria. Sobre a história da Revolução Industrial* existem extensas obras.

Foi na Inglaterra, na última terça parte do século XVIII, que nasceu a grande indústria moderna.

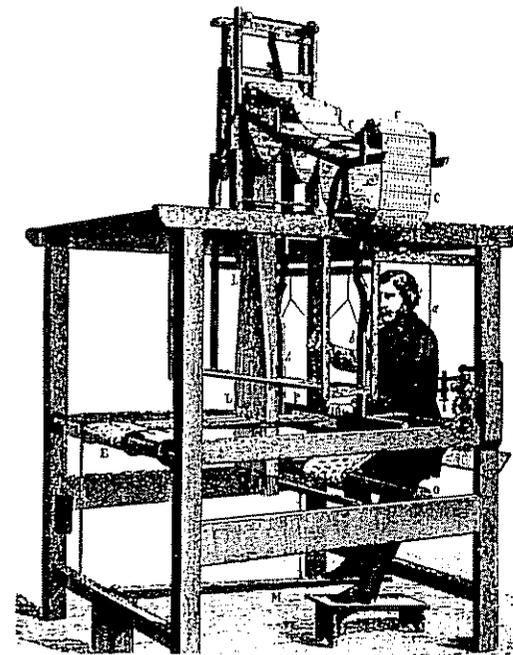
"Desde o início, sua arrancada foi tão repentina, e teve tantas conseqüências, que pôde ser comparada a uma revolução: muitas revoluções políticas foram, seguramente, menos profundas" (28).

As diferentes tentativas do homem de produzir objetos de consumo não-encontráveis na natureza — esse é o objetivo de toda a indústria — perdem-se na origem do conhecimento humano. A grande indústria moderna concentra e multiplica os meios de produção

para acelerar o rendimento. Emprega máquinas que funcionam com precisão quase infalível e com rapidez prodigiosa, buscando realizar tarefas cada vez mais complicadas ou mais rudes.

Para movimentar as máquinas, que substituem a força muscular, de recursos limitados e desiguais (e cujo custo, para o patrão, era no mínimo o da alimentação), começa-se a aproveitar as forças naturais (ventos, correntes de água) e as artificiais (vapor, eletricidade), ambas dóceis e infatigáveis. Em torno das máquinas reúnem-se operários — homens, mulheres e crianças —, que se tornam engrenagens entre as engrenagens. Surgem as empresas, que se transformam em instituições muitas vezes mais poderosas que o Estado. Essas empresas têm uma grande força que as move na produção: o lucro.

As mercadorias são fabricadas; é preciso vendê-las, pois a venda realiza o lucro ou a mais-valia. Assim a indústria impulsiona a circulação dos produtos, que gera necessidades de consumo, comércio, estradas (onde sistemas de pedágios exploram e controlam mercadorias, taxando-as pela simples passagem em uma propriedade). A necessidade de mais capital forta-



Os cartões perfurados, que neste tear inventado em 1801 controlavam os padrões dos tecidos, foram a base tecnológica dos computadores

lece os bancos, sendo os juros instrumentos de controle de mercado e uma maneira de aumentar privilégios.

Aumenta a exploração do trabalho, principalmente das mulheres e dos menores, que muitas vezes trocam sua força de trabalho apenas pela comida. Com a industrialização, paradoxalmente, aumentam a fome e a injustiça social.

Os monopólios das casas reais sempre estiveram presentes nos processos iniciais de industrialização. Assim, as manufaturas do Estado pertenciam ao rei e tudo o que se fabricava era destinado à realeza. O melhor exemplo é o estabelecimento dos Gobelins, que se dedicavam à manufatura de móveis, tecidos e especialmente tapeçarias para a coroa. Havia ainda as manufaturas reais, que eram particulares; fabricavam para consumo público, mas tinham proteção (econômica) do rei, que autoritariamente retirava sua parte por meio de taxas. Havia também as manufaturas privilegiadas, que tinham exclusividades regionais para o fabrico de determinados produtos.

A manufatura da lã é a mais antiga prática industrial, remontando já aos mosteiros medievais. Com o surgimento das máquinas, as tarefas de fiar, pisoar e frisar foram sendo aperfeiçoadas e facilitadas. A indústria do algodão é posterior, e com ela também houve o estabelecimento de monopólios de cultivo e de industrialização, em geral discriminatórios e odiosos, e também grandes rivalidades entre um e outro produto. A própria palavra cot-

ton tinha uso garantido, o que implicava várias exigências. As disputas com os produtos estampados, oriundos das Índias, determinaram grandes modificações nas indústrias européias, e o uso de corantes marcou toda uma linha de desenvolvimento da química no século XIX. A agroindústria expandiu-se além da têxtil, na linha de extração de derivados de origem animal e vegetal, principalmente óleos.

As indústrias que se expandiram em seguida foram as metalúrgicas, principalmente nos processos de conversão de ferro fundido em ferro maleável. A necessidade de produtos siderúrgicos, que sempre foi significativa com as frequentes guerras, agora era ampliada com a necessidade de ferramentas para a agricultura.

A grande revolução ocorreu com o advento da máquina a vapor e com a associação a esta do movimento circular. Com essa invenção aconteceu talvez a mais decisiva interferência da ciência na indústria, e pode-se afirmar que o conceito de *energia* passou, então, a ser o elemento unificador nos relacionamentos entre ciência e indústria. Aumentou a necessidade de combustíveis como madeiras (que determinou desmatamentos) e carvão (que exigiu o aperfeiçoamento dos primários métodos de extração nas minas). O surgimento da eletricidade decretou, por sua vez, novas modificações.

Há um nome que merece destaque entre os muitos que contribuíram, no final do século XVIII,

para a industrialização: James Watt. Na casa onde nasceu, em 1731, havia retratos de Newton e de Napier (o criador dos logaritmos). Seu avô fora professor de matemática e o pai era arquiteto e construtor naval. Watt cedo optou por ser construtor de instrumentos de laboratório, e a Universidade de Glasgow deu-lhe proteção e acolhida quando foi perseguido na cidade por não ser natural do lugar. Na universidade encontrou espaço fértil para sua genialidade, aperfeiçoou

a máquina de Newcomen e inventou dispositivos que revolucionaram a indústria. Seu nome ainda hoje é associado à *energia*, pois o "watt" é a unidade de potência no sistema internacional. A partir de 1760, com o invento de Watt, as rodas não pararam mais de gerar progresso.

Esta síntese da Revolução Industrial é apenas uma chamada para a importância desse acontecimento na nossa caminhada pela construção do conhecimento.

* * *

Com Lavoisier assistimos à ascensão da química ao status de ciência. No próximo capítulo, quando veremos o crescimento da ciência no século XIX, encontraremos outra figura exponencial: Darwin, considerado o "Newton da biologia". Com ele ocorre uma revolução tão importante quanto aquela que vimos no capítulo anterior.

9 SÉCULO XIX: A CIÊNCIA SE CONSOLIDA

Os filósofos limitaram-se a interpretar o mundo de diversas maneiras; o que importa é transformá-lo.

(Marx, XI tese sobre Feuerbach)

O século XIX foi o grande período no qual a ciência se consolidou e realmente passou a definir marcas na caminhada da humanidade. Se, até então, o homem buscava, na ciência, respostas às suas interrogações sobre a natureza, a partir de agora a ciência não só passa a responder às interrogações, mas também, ao interferir na própria natureza, a determinar novas e melhores maneiras de viver.

Neste capítulo, que estenderemos até o limiar do século XX, deveríamos fazer extensos comentários sobre o mundo mais colorido criado com a química ou sobre as maravilhas que as descobertas da física ensinaram, por exemplo, com o domínio da eletricidade. Sobre uma e outra dessas duas ciências faremos apenas sucintas resenhas.

Nesse século, entre inúmeros titãs que mudaram a maneira da humanidade pensar, há dois que se sobressaem, merecendo comen-

tários mais extensos. Antes de conhecermos um pouco as revoluções provocadas por Darwin e Marx, olhemos panoramicamente a química e a física.

A QUÍMICA: DA ANÁLISE À SÍNTESE

O século XIX foi o grande século da química. Eis uma resenha do período:

1. A superação da idéia flogisticista e o esclarecimento da combustão por Lavoisier, no final do século XVIII, traz novos direcionamentos para as investigações sobre a natureza das substâncias.

2. A necessidade de tratamento quantitativo dos fenômenos químicos passa a ser uma exigência, e balanças cada vez mais precisas tornam-se instrumentos indispensáveis em qualquer laboratório.

3. Há um predomínio francês na investigação química, devido à

fama deixada por Lavoisier e pelo brilhante trabalho de seus continuadores, como Berthollet, Gay-Lussac, Chevreul, Dumas, que atraíram a seus laboratórios cientistas de vários países e deram à química um corpo estruturado de conhecimentos. Dos estrangeiros que acorreram à França merece destaque Justus von Liebig (1803-1873), que, ao retornar à Alemanha, fundou o primeiro laboratório destinado à formação de estudantes centrada na investigação individual. Os discípulos de Liebig iniciaram na Alemanha e no exterior uma verdadeira genealogia de eminentes professores, que foram se sucedendo nas cátedras.

4. São estabelecidas as leis das combinações, destacando-se os trabalhos de Benjamin Richter, Ernst Fischer, Joseph L. Proust, que passaram a definir não só as possibilidades de determinação de compostos como a previsibilidade de novas substâncias.

5. John Dalton (1766-1844), buscando explicar as propriedades dos gases, propõe que estes deveriam ser formados por *átomos*, que se diferenciariam só no tamanho. Dalton retoma a teoria proposta já há 23 séculos pelos atomistas gregos Leucipo e Demócrito, como vimos no capítulo 2. A teoria de Dalton ganha adeptos e há muitos avanços com os trabalhos de Thomas Thomson (1773-1852), Jöns Jakob Berzelius (1779-1848), que criou o termo "proteína", Pierre Dulong (1785-1838), Alexis Petit (1791-1820), ambos envolvidos na

determinação dos *pesos atômicos*, Amedeo Avogadro (1776-1856), ainda hoje lembrado pela importante *Lei de Avogadro*, Alexandre Dumas (1800-1884), William Prout (1785-1850), Louis Jacques Thénard (1777-1857), Stanislaw Cannizzaro (1826-1910) e muitos outros.

6. A proposta lavoisieriana de uma nomenclatura universal é aceita internacionalmente. A química ganha não só uma linguagem universal quanto à nomenclatura adotada, mas também quanto aos seus conceitos fundamentais. Assim, o primeiro congresso mundial de química realizado em Karlsruhe, em 1860, reuniu, a partir de uma proposta de Kekulé, apoiado por Wurtz, 140 eminentes químicos para discutir, conforme o programa de convocação, definições precisas dos conceitos de átomo, de molécula, de equivalente, de atomicidade, de basicidade, de radical, sendo votadas várias propostas.

7. É estabelecida a classificação periódica dos elementos, onde os trabalhos de Dmitri Ivanovitch Mendeleiev (1834-1907) ainda hoje nos encantam por sua genialidade. A sistematização dos conhecimentos químicos na tabela periódica é, desde então, um dos mais úteis instrumentos para se entender a química.

8. Os notáveis avanços da eletricidade, que ainda serão comentados, trouxeram as mais significativas contribuições para a química, principalmente com os estudos da afinidade química e da eletrólise,

que forneceram esclarecimentos sobre a estrutura da matéria

9. Há um notável desenvolvimento da química orgânica, que tem seu grande momento a partir da síntese da uréia, em 1828, por Friedrich Wöhler (1800-1882). Essa síntese de um produto de origem animal a partir de um composto inorgânico pôs fim à teoria da força vital e tornou-se um marco na história da química. A determinação dos conceitos de isomeria e de radical e a teoria tetraédrica do átomo de carbono são outros balizadores dessa história, na qual há muitos nomes proeminentes.

10. São aplicados métodos matemáticos à química em vários estudos: da cinética das reações, com a definição dos conceitos de "moléculas ativas" e "energia de ativação"; do equilíbrio químico; da termodinâmica dos processos químicos, com conceitos de "calor" e "calor de reação" e a conservação da energia; das soluções e suas propriedades coligativas. Os trabalhos sobre gases fizeram surgir a físico-química, que propiciou um notável desenvolvimento à química.

11. A conseqüência de todos esses avanços foi o surgimento da indústria química. A primeira contribuição foi talvez, já no final do século anterior, a de Lavoisier, proporcionando explosivos de boa qualidade ao governo francês. Logo em seguida Berthollet solucionou problemas das indústrias de tecidos e de limpeza e Thénard preparou cloreto de cal, necessário

para diversos fins industriais. Gay-Lussac construiu torres para a fabricação contínua do ácido sulfúrico. Os processos de fabricação de soda cáustica estão também entre as primeiras conquistas da nascente indústria química, proporcionando inclusive um prêmio, instituído pelo governo francês, a Nicolas Leblanc (1742-1806). Ernest Solway (1838-1922), posteriormente, desenvolveu outro método para obter soda cáustica. A escola de Liebig estudou os derivados do alcatrão da hulha e August Wilhelm Hoffmann (1818-1892) fez sua tese de doutorado sobre a anilina. Seu assistente Henry Perkins (1838-1905) continuou as pesquisas, em busca da síntese da quinina, descobrindo uma substância de cor púrpura, logo usada para tingir sedas, com o nome de "malveína" ou "malva". O advento da produção de corantes sintéticos modificou sensivelmente as relações industriais, originando a cartelização. Após os corantes, os alvos bem-sucedidos da indústria química alemã foram os perfumes e medicamentos. A descoberta de explosivos foi outra busca dos químicos, surgindo assim o algodão-pólvora, a nitroglicerina, a cordita e a dinamite; esta última em 1859, por Alfred Nobel (1833-1896). Em 1869, o norte-americano John Hyatt (1837-1902), atraído por um prêmio de 10 mil dólares, descobre o celulóide, primeiro plástico artificial. Em 1884, Louis Marie Charbonnet (1839-1924) patenteou o *rayon*, a primeira fibra artificial

que, como o celulóide, tinha a grande desvantagem de ser inflamável. A produção do aço, a baixo preço, foi possível a partir do conversor idealizado por Henry Bessemer (1813-1898). William Siemens (1823-1883) idealizou a recuperação de calor em altos fornos. A produção industrial de alumínio, a partir da eletrólise do óxido de alumínio, foi idealizada, independentemente, pelo estudante norte-americano Charles Martin Hall (1863-1914) e pelo metalurgista francês Louis Héroult (1863-1914). Processos de fabricação de adubos, para aumentar o rendimento do solo, foram também significativas contribuições da nascente indústria química.

A citação de alguns dos muitos nomes que fizeram o desenvolvimento da química traduz o quanto essa ciência foi excepcional no período. Cada um desses nomes, e muitos outros, mereceria ser objeto de uma descrição mais ampla, para um melhor conhecimento dos grandes feitos realizados, o que não cabe no âmbito deste livro.

A FÍSICA: A ELETRICIDADE MUDA A MANEIRA DE VIVER

No século XIX, as grandes descobertas da física, que já desde Galileu e Newton tinha paradigmas que a estabeleciam como uma ciência prestigiada, foram decorrência, principalmente, dos avanços que teve o cálculo depois das descobertas de Newton e Leibniz*. Os assuntos que mais

preocuparam os físicos de então foram as discussões a respeito do *calor*, na fronteira da físico-química. O mesmo pode ser dito sobre os estudos dos *gases*. As discussões sobre a *natureza da luz*, iniciadas com a polêmica entre Newton e Huygens e também com Hooke, foram continuadas com os estudos de T. Young (1788-1827) e A. J. Fresnel (1788-1827), que deram à teoria sua forma moderna, e retomadas no século XX por Einstein e De Broglie.

Os estudos mais desenvolvidos no campo da física, no século XIX, foram sobre a *eletricidade* e, na continuidade, sobre o *eletromagnetismo*. Para avaliar a importância desse legado do século XIX, basta pensarmos o mundo de hoje sem eletricidade. Isso seria simplesmente impossível, se considerarmos nossas atuais concepções de viver.

Discutia-se, no começo do século, se a eletricidade era um fluido imponderável como o calor. Já em 1784, um engenheiro militar francês, Coulomb, havia estudado a repulsão entre cargas opostas e estabelecido o que ainda hoje conhecemos como *Lei de Coulomb*. Outro grande nome da eletrostática é o do inglês Henry Cavendish (1731-1810), que na química realizou a síntese da água e construiu uma balança de torção que possibilitou deduzir a densidade média da Terra; seu nome foi dado em 1870 ao laboratório de física da Universidade de Cambridge, lugar de muitas das descobertas da física moderna. Dos primórdios da eletricidade há ainda dois outros nomes históricos: o ita-



A fabricação em série de lâmpadas para iluminação elétrica no final do século XIX ilustra os avanços da Revolução Industrial

liano Luigi Galvani (1737-1798), com as primeiras experiências sobre condução elétrica, ao qual está associado o termo "galvanoplastia", e o italiano Alexandre Volta (1745-1827), que descobriu a *pilha elétrica*, que recebeu esse nome porque as primeiras pilhas eram formadas por moedas empilhadas. A unidade de corrente elétrica é chamada "volt" em sua homenagem Humphry Davy (1778-1819), cujo nome usualmente associamos ao invento da *lanterna de Davy*, que segundo alguns foi importante para a economia inglesa, pois facilitou o trabalho dos mineiros de carvão, fez significativas experiências sobre a condução elétrica.

Georg S. Ohm (1781-1854), homenageado com o nome da unidade de resistência elétrica, "ohm", continuou os trabalhos de Davy, formulando uma teoria para explicar a condução elétrica. Ainda merecem referência os trabalhos de Oersted e Ampère. O dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851) é famoso por ter descoberto o campo magnético, ao fazer passar uma corrente elétrica por um fio enrolado em um suporte durante uma demonstração em sala de aula. O francês André-Marie Ampère (1775-1836), conhecido como o "Newton da eletricidade", explorou a

natureza magnética da eletricidade e é homenageado com a unidade de intensidade de corrente, o "ampère".

Um dos nomes mais geniais na história da eletricidade é o de Michael Faraday (1791-1867), com significativa contribuição no campo da eletroquímica e a quem devemos as importantes *leis da eletrólise de Faraday*. É justamente homenageado com a unidade que indica a quantidade de carga correspondente a um mol de elétrons, pois 96.500 coulombs correspondem a um "faraday". Faraday nasceu perto de Londres, não tendo recebido mais do que instruções rudimentar. Aos treze anos foi

trabalhar numa livraria, distribuindo recados e jornais, e encantou-se com a oportunidade de ler livros científicos. Um cliente da livraria, admirado com a curiosidade do jovem empregado, conseguiu-lhe um ingresso para assistir a uma série de conferências de Davy. Faraday ficou maravilhado, tomou anotações e depois redigiu-as com muito esmero. Davy admirou-se ao ver suas preleções assim apresentadas, e, tendo ficado temporariamente cego, devido a uma explosão no laboratório, convidou Faraday para ser seu escrevente. Quando Davy recuperou a visão, promoveu o já discípulo ao posto de assistente. Posteriormente Faraday tornou-se diretor do laboratório e professor de química. Nesse período fez uma série de descobertas que conduziram a muitas aplicações práticas, como os motores e geradores elétricos, os trens e bondes elétricos, o suprimento de eletricidade pública, as centenas de inventos patenteados por Thomas Alva Edison e o telefone elétrico inventado por Alexander Graham Bell.

Outros nomes que trouxeram avanços para o estudo da eletricidade: Maxwell, que escreveu o célebre *Tratado sobre eletricidade e magnetismo*, foi o primeiro professor de física experimental de Cambridge e organizador do famoso Laboratório Cavendish. Lord Kelvin (W. Thomson) fez uma série de estudos na busca de soluções matemáticas para os fenômenos elétricos que estavam sendo estudados por Maxwell. Heinrich Hertz, pro-

fessor de Karlsruhe em 1888, depois da morte de Maxwell descobriu as ondas eletromagnéticas, cuja unidade de frequência recebeu seu nome: "hertz".

No capítulo seguinte, quando veremos os acontecimentos do final desse século, mais uma vez nos surpreenderemos com as importantes descobertas de então. Aqui vale o que comentamos ao encerrarmos a parte da química: cada um dos nomes citados, pelas magníficas contribuições que prestaram à física, mereceria todo um capítulo.

CHARLES DARWIN: A SOBREVIVÊNCIA DOS MAIS ÁPTOS

Entre todos os nomes da ciência, nenhum foi tão polêmico e ao mesmo tempo tão ridicularizado ou gerou tantas resistências aos resultados de suas observações científicas quanto Charles Robert Darwin, nascido na Inglaterra em 1809 e conhecido como o "Newton da biologia". Se a Revolução Científica mudou a maneira de o homem se ver no universo, Darwin mudou a visão de nosso passado. Um breve comentário sobre sua trajetória não só possibilitará que avaliemos sua obra, como mostrará os fantásticos caminhos que percorre a ciência para corroborar uma teoria, ou, até, fazê-la esboçar.

Darwin, por descender de uma família de intelectuais, recebeu um ensino clássico, mas cedo aborreceu-se. Seu pai, que era



NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE / SPL / STOCK PHOTOS

THE ORIGIN OF SPECIES

BY MEANS OF NATURAL SELECTION,

OR THE

PRESERVATION OF FAVOURED RACES IN THE STRUGGLE FOR LIFE.

BY CHARLES DARWIN, M.A.

LONDON: JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET, 1859.

Darwin, que apresentou teorias que estabeleceram novas maneiras de pensarmos nossas origens, e o frontispício da 1ª edição de 1859 do livro *A origem das espécies*.

SPL / STOCK PHOTOS

médico, tinha dúvidas de que ele viesse a tornar-se um profissional competente. Com dezesseis anos ingressou na Universidade de Edimburgo para estudar medicina, mas depois de dois anos decidiu que não queria ser médico e foi para Cambridge, para tornar-se ministro da Igreja anglicana. Posteriormente, considerou os três anos de estudos em Cambridge uma perda de tempo, embora tenham lhe valido um convite, conseguido por intermédio de um professor, para integrar como naturalista uma expedição no navio *Beagle*, da armada inglesa.

Durante cinco anos (1831-1836), o jovem Charles viveu o que, até sua morte, aos 73 anos,

considerou como o acontecimento mais importante de sua vida, determinando toda a sua carreira de pesquisador e sepultando seu desejo de ser ministro religioso.

Nos cinco anos de viagem do *Beagle*, Darwin serviu de geólogo, zoólogo, botânico e assessor científico, realizando coletas extensas e intensas de animais e plantas, fósseis e vivos, terrestres e marinhos. Como naturalista, estudou a floresta tropical brasileira, o pampa argentino, a vegetação andina, os desertos australianos, as formações geológicas da Terra do Fogo e do Taiti, as ilhas desflorestadas do Cabo Verde. Viu terremotos e maremotos, vulcões extintos e ativos, seres humanos que “de tão selva-

gens e destituídos de crenças, nem pareciam homens”. Em terra, realizava expedições de coleta de material para levantamento da história geológica.

De todas as suas múltiplas observações, as que mais surpreenderam Darwin ocorreram nas Ilhas Galápagos, no sudeste do Pacífico. Ali ele encontrou e estudou animais que, depois, pôde comparar com os existentes no continente sul-americano. Verificou que, embora semelhantes, esses animais apresentavam variados graus de diferenciação. Ou seja, nas ilhas, haviam desenvolvido características próprias, o que indicava processos evolutivos de adaptação aos alimentos disponíveis, ao isolamento geográfico etc. Suas observações tornavam cada vez mais difícil a crença no relato bíblico do Gênesis, segundo o qual Deus criara cada uma das espécies já completa, e que, portanto, deveriam ter chegado até nós inalteradas.

Ao retornar da longa viagem, Darwin discutiu suas observações com o geólogo Charles Lyell, que em 1830 causara sensação no mundo científico ao publicar o primeiro dos três volumes da obra monumental *Princípios de geologia*, reunindo estudos sobre processos naturais da alteração da superfície terrestre. Nos seis anos seguintes, Darwin leu uma grande variedade de publicações, livros de viagens, manuais de agricultura e horticultura, de criação de animais domésticos e de história natural; discutiu com criadores e com peritos em di-

ferentes cultivos; analisou e preparou esqueletos de aves domésticas; criou e cruzou diferentes variedades de pombos; reexaminou boa parte do material que havia coletado no *Beagle*. Em 1842 tinha o primeiro rascunho, com 35 páginas, do que se tornaria *A origem das espécies*. Dois anos depois o esboço da obra estava mais completo. Em 230 páginas, procurava explicar o aparecimento e o desaparecimento das espécies, por que surgiam e se modificavam com o tempo, e por que muitas desapareciam para sempre.

É o próprio Darwin que relata como lhe ocorreu a solução:

“Em outubro de 1833, isto é, quinze meses depois de começar minha pesquisa sistemática, li por passatempo a *População de Malthus*, e estando, graças à prolongada observação de plantas e animais, bem-preparado para apreciar a luta pela existência [expressão usada por Malthus] que se verifica por toda a parte, logo me veio à mente que, nessas circunstâncias, as variações favoráveis tenderiam a ser preservadas e as desfavoráveis a ser destruídas. Aí tinha eu, finalmente, encontrado uma teoria que servisse de base para o meu trabalho” (11: 66).

O livro que Darwin leu, e que lhe ofereceu uma base teórica para que desenvolvesse sua teoria, foi o *Ensaio sobre o princípio da população*, publicado em 1798 por Thomas Robert Malthus, jovem clérigo inglês do Jesus College, da Univer-

sidade de Cambridge. O livro de Malthus, que desencadeou uma imensa polêmica, se transformou na bandeira dos que defendiam a limitação do crescimento populacional. O malthusianismo é uma teoria segundo a qual existe um nível de população que garante a renda *per capita* máxima, de sorte que qualquer aumento ou queda do número de habitantes baixa a eficiência econômica do país.

Quando Darwin encontrou em Malthus a explicação de que a taxa de aumento da humanidade era reduzida por *entraves positivos* como doenças, acidentes, guerra e carestia, propôs que fatores semelhantes poderiam manter sob controle populações animais e vegetais. Assim nasceu a famosa teoria darwiniana da "seleção natural", ou "sobrevivência dos mais aptos".

Estudando a seleção artificial em animais domésticos e plantas cultivadas, verificou que, muitas vezes, havia transformações tão radicais que as espécies resultantes chegavam a apresentar pouca afinidade com os antepassados. Se era possível ocorrer evolução pela seleção artificial, não poderia ocorrer o mesmo na natureza, por seleção natural?

Na natureza, é a luta pela existência que ocupa o lugar do cultivador; a batalha é incessante e feroz, mas os mais aptos sobrevivem. Os dados se acumulavam, fortalecendo essa evidência. Por insistência de amigos, começou a preparar uma obra para ser publicada. Estava com o trabalho pela metade

quando recebeu uma carta de Alfred Russel Wallace, um naturalista que pesquisava no Arquipélago Malaio. A carta vinha acompanhada de um *Ensaio sobre a tendência das variedades a separar-se indefinidamente do tipo original*. Era a teoria de Darwin. É ele que reconhece:

"... se Wallace tivesse conseguido o meu esboço escrito em 1842, não teria feito um sumário melhor! Até os termos empregados por ele figuram como títulos dos meus capítulos" (11: 199).

Darwin achava-se num dilema. Wallace, num súbito lampejo de intuição, tinha chegado aos mesmos resultados que ele obtivera com anos de pesquisa e reflexão. Decidiram, então, apresentar juntos os trabalhos na Sociedade Linneana, em 1º de julho de 1858; a revista da Sociedade publicou os dois ensaios.

Em consequência do incidente, Darwin resolveu abandonar a obra, planejada em vários volumes, e publicou uma condensação com o título *Da origem das espécies por meio da seleção natural, ou a preservação das raças favorecidas na luta pela vida*. A obra, que vendeu toda a primeira edição de 1.200 exemplares no dia do lançamento, passou a ser conhecida apenas com o nome *A origem das espécies*.

Nessa obra Darwin mostra que a lei das selvas funciona em toda a parte, ilustrando assim:

"Nós contemplamos a face da natureza resplandescente de júbilo, vemos muitas vezes a superabundância de alimentos; não vemos, ou esquecemos, que os pássaros que cantam despreocupados em torno de nós vivem, em geral, de insetos ou sementes, e, portanto, estão constantemente destruindo vida; ou esquecemos que estes cantores, ou seus ovos, ou seus filhotes, são em grande parte destruídos por aves de rapina e animais de presas; nem sempre nos lembramos que, embora o alimento seja agora abundante, ele não o é em todas as estações do ano" (11: 201).

Darwin ainda destacou que a relação sexual é importante na seleção natural, mostrando como machos mais bonitos e mais vigorosos deixarão maior descendência, e como o clima e a natureza, de uma maneira geral, são decisivos nessa seleção natural. Todas as complexas formas de vida, acreditava Darwin, tiveram origem em alguma forma primordial, na qual foi pela primeira vez insuflada vida.

Contrariamente ao que, às vezes, se difunde, Darwin não criou a teoria evolucionista. Antes dele outros já a defendiam. Sua importante contribuição está, em primeiro lugar, em ter acumulado dados para demonstrar a evolução e, em segundo lugar, através da teoria da seleção natural, ter mostrado como a evolução ocorre, rejeitando a tese criacionista, que era consagrada.

A publicação de *A origem das espécies* produziu imediatamente

uma conflagração na sociedade. Se a nova e revolucionária teoria fosse aceita, o relato bíblico da criação seria posto em questão. A Igreja imediatamente considerou a tese darwiniana perigosa e censurou sua difusão, mesmo que, prudentemente, Darwin tivesse omitido qualquer aplicação de sua teoria à humanidade. Entre os cientistas não faltaram adversários. Seu professor de geologia, que lhe arrumara a vaga no *Beagle*, escreveu que a teoria era "falsa e profundamente nociva e que, ao ler o livro, rira até lhe doerem as ilhargas". Aos defensores da teoria era perguntado se descendiam de macacos por parte do avô ou da avó. Um crítico perguntou se todas as variedades de nabos tendem a transformar-se em homens. Por muito tempo não foi permitido que exemplares da obra figurassem na Biblioteca do Trinity College de Cambridge.

É indiscutível a importância de *A origem das espécies*, não apenas para as ciências biológicas, psicológicas e sociais, mas para todos os ramos do pensamento humano, e mais uma vez se verifica o quanto a humanidade avança na busca do próprio entendimento. Com Darwin o universo dos seres vivos foi colocado dentro dos domínios da lei natural. É evidente que também o darwinismo teve e tem mau uso. A idéia de raça superior, e portanto detentora de supremacia sobre outras, levou (e leva) ao cometimento de muitas barbáries, que atestam o quanto os ditos superiores são inferiores.

Não sintetizamos todos os avanços da biologia em Darwin. Devemos ainda fazer referência a outros trabalhos. Jean-Baptiste de Monet, cavaleiro de Lamarck (1744-1829), no seu *Filosofia zoológica* e nos sete volumes da *História natural dos animais invertebrados*, apresentou bases importantes para a classificação biológica. George Cuvier (1769-1832), cuja influência foi tão grande que ganhou o apelido de "Ditador da Biologia", mesmo acreditando na imutabilidade das espécies, aderiu às idéias da *Nathurphilosophie*, baseada nos ensinamentos da escola alemã de Karl Kiemeyer e do notável literato e também cientista Johann von Goethe, autor de várias idéias sobre morfologia. Louis Pasteur (1822-1895), químico e famoso microbiologista, fez inúmeras descobertas nessa área, criando um processo, hoje chamado de *pasteurização*, que consiste em aquecer o leite a 65°C por meia hora para impedir sua fermentação, destruindo os bacilos do ar que estão nele associados.

KARL MARX: UM PROFETA MUITO AMADO E MUITO ODIADO

Esta nossa olhada na ciência do século XIX teria uma grande lacuna sem um breve comentário sobre um pensador que ultrapassou a sua época e marcou o século XX de maneira decisiva. Muito já se escreveu sobre o marxismo, inclusive como instrumento de análise crítica

da história, e não pretendemos mais que fazer uma pequena referência à importância de Marx nesta nossa tentativa de compreender a evolução da humanidade.

Quando, em 1835, Karl Marx, então um jovem de 17 anos, com todo seu idealismo, escreveu uma composição, "Reflexões de um jovem a respeito de uma profissão", não poderia supor o quanto iria influir no mundo, nem o quanto seria amado e odiado. O retrato de Marx* que emerge das diferentes biografias é o de uma personalidade enérgica e corajosa, polêmica e veemente, impetuosa e sarcástica, apelando para todas as suas incômodas e pesadas armas filosóficas e revelando um in-



Karl Marx não foi apenas um filósofo e economista que influenciou o pensamento moderno, mas um revolucionário nas suas ações em favor dos movimentos operários

telecto poderoso e astuto, reconhecido mais tarde até pelos que lhe foram mais hostis.

Não cabe aqui traçar uma biografia de Karl Marx, mas, ao nos debruçarmos sobre o significado histórico do autor da doutrina mais difundida em nosso século, buscar conhecer um pouco da vida desse imponente filósofo e cientista social nascido em Trier¹, em 1818, de uma família alemã judia, com antepassados rabinicos mas convertida ao protestantismo.

Ao lermos sua obra, que não se restringe ao campo da filosofia apenas, mas abrange ainda e sobretudo os campos da história, da ciência política e da economia, é difícil reconhecer o contexto familiar em que ela foi produzida. Assim, sobre a importante análise da história da França que Marx nos oferece em *O Dezoito Brumário*, sabe-se que "muitas de suas sarcásticas páginas foram escritas com crianças montadas em suas costas, brincando de cavalo, chicoteando" (44: 209). Parece oportuno acrescentar que, na família, Marx era o patriarca, que dominava e sabia amar. Sempre continha os gracejos irreverentes e o linguajar vulgar quando havia mulheres e crianças presentes, e se alguém dizia algo indecente ficava nervoso e corava. Gostava de brincar com os filhos, contando-lhes histórias sem fim.

O Dezoito Brumário foi escrito em Londres², para onde se mudara, tendo alugado aposentos mobiliados para sua família no subúrbio elegante de Camberwell. Porém, já na primavera de 1850, foi despejado por não poder pagar o aluguel, instalando-se com a família inteira (então seis pessoas, incluindo a empregada) em dois pequenos cômodos escuros e sem ventilação em uma rua pobre no Soho.

Eis um relato a respeito da vida da família Marx, feito por um agente da polícia.

"[Marx] vive num dos bairros piores, e portanto mais baratos, de Londres. Ocupa dois aposentos. O que dá para a rua é a sala, sendo o dos fundos o quarto. Não há um móvel limpo nem apresentável em nenhum dos dois cômodos, tudo está quebrado, rasgado e esfarrapado; a poeira cobre todas as coisas, e a bagunça é completa. No meio da sala há uma mesa grande e antiga coberta com oleado. Sobre ela há manuscritos, livros e jornais, bem como brinquedos, utensílios de costura de sua esposa, xícaras desbeijadas, talheres sujos, lamparinas, um tinteiro, copos, alguns cachimbos de argila holandeses, cinza — tudo empilhado na mesma mesa. Quando se entra, a fumaça faz os olhos lacrimejarem de tal modo que de início tem-se a impres-

¹ Trier ou Treves, cidade alemã na Renânia, na qual há ainda fortificações da época em que os romanos a construíram

² Marx tinha sido expulso da França em dezembro de 1845 e encontrava-se em Bruxelas, mas pôde retornar a Paris em dezembro de 1848, quando amainaram as medidas de repressão.

são de que se está tateando numa caverna, até que a pessoa se acostuma e consegue divisar alguns objetos. Tudo é sujo e empoeirado. (...) Mas nada disso causa o menor constrangimento a Marx nem a sua esposa. Eles recebem a visita com muita amabilidade, oferecendo-lhe cachimbo, fumo, o que mais houver a oferecer. Aos poucos toma forma uma conversa inteligente e interessante, que compensa todas as deficiências domésticas, de modo que o desconforto torna-se suportável. Chega-se a ficar acostumado com os dois, achando-os interessantes e originais" (44: 209).

É Wilson ainda que nos diz que:

"Marx era um neurótico em relação ao dinheiro. Uma das mais notáveis 'contradições' de toda a carreira de Marx é o fato de que o homem que, mais do que ninguém, chamou a atenção para a motivação econômica, era incapaz de fazer o que quer que fosse para ganhar dinheiro. (...) É absolutamente certo que Marx tinha aversão à idéia de escrever para ganhar dinheiro, e a isto estava associado um idealismo insano. Dizia: 'O escritor tem de ganhar dinheiro para poder viver e escrever, mas ele jamais deve viver e escrever a fim de ganhar dinheiro. (...) O escritor não considera, em absoluto, que suas obras são um meio. Elas são fins em si; não são meios nem para ele próprio, nem para outrem'. Isso foi escrito antes de Marx elaborar seu materialismo dialético; porém ele agiria com base nesse princípio pelo resto da vida" (44: 200).

Com essa breve descrição de como era a vida de Marx nos seus primeiros anos de Inglaterra, na qual podemos reconhecer suas imensas dificuldades na época em que nos legou parte de sua vasta obra, aprendemos a valorizar ainda mais seu portentoso legado aos dias atuais.

É nesse período que ocorre um encontro que irá resultar em uma das mais importantes parcerias na produção de obras que marcaram o mundo nos últimos cem anos: a de Marx e Engels.

Esse encontro aconteceu no outono de 1844, após Engels ter enviado a Marx, para publicação em um jornal que este dirigia, um esboço de crítica das doutrinas econômicas liberais. Até então Marx incluía Engels, de modo vago, entre os intelectuais de Berlim — uma impressão que o contato prévio de ambos não conseguira desfazer. Escreveu-lhe logo. O resultado foi um encontro em Paris, no curso do qual a similaridade de suas posições acerca de questões fundamentais ficou clara para os dois. A profunda e sólida amizade entre eles durou quarenta anos e resultou em muitas obras conjuntas, além de volumosa correspondência marcada por grande admiração intelectual.

De todas as obras de Marx, a mais importante e famosa é *O capital*, escrita durante mais de dezoito anos, com infatigável pesquisa no Museu Britânico e a inestimável ajuda (inclusive financeira, para a manutenção de

sua família) de Engels. Em fins de 1866, a prolongada gestação de *O capital* chegou ao fim, e no ano seguinte o primeiro volume foi publicado em Hamburgo. Apenas o primeiro volume da "Bíblia das classes trabalhadoras" foi publicado em vida por Marx. Após sua morte, em 1883, aos 65 anos, Engels, a partir das volumosas anotações, organizou os dois volumes seguintes. O quarto volume foi publicado, mais de vinte anos após a morte de Marx, por Kautsky.

Não só por viver na Inglaterra, mas por esta ser o principal exemplo de funcionamento do sistema capitalista, os exemplos da obra de Marx são tirados desse país. Marx mostra o quanto os operários são explorados na venda de sua força de trabalho, e isso é feito com tratamento científico, o que justifica a afirmação: "Assim como Darwin descobriu a lei da evolução na natureza orgânica, Marx descobriu a lei da evolução na história humana". Os conceitos de *valor* e de *mais-valia* são fulcrais em *O capital*, e com eles Marx mostra o quanto o capitalista procura extorquir cada vez maior mais-valia dos operários por meio do aumento das horas de trabalho, da redução de salários ou acréscimo de tarefas, introduzindo mais máquinas para eliminar mão-de-obra e acelerar a produção.

O método dialético de Hegel é usado por Marx para mostrar como, segundo suas próprias palavras,

"a história de todas as sociedades existentes é uma história de luta de classes. Homem livre e escravo, patricio e plebeu, senhor e servo, mestre e artífice assalariado, em uma palavra, opressor e oprimido, defrontam-se em acirrada oposição, mantendo uma luta incessante".

Lutas de classes, e as tentativas para suprimi-las ou diminuí-las, são a tônica de *O capital*, onde os argumentos contra o capitalismo são expostos a fim de demonstrar ser inevitável seu desaparecimento. A contribuição de economistas ingleses, como Smith e Ricardo, serve para fundamentar e contra-argumentar suas teorias econômicas.

O marxismo hoje deve ser visto como um método de análise que se estende em múltiplas direções, incluindo não só a filosofia, mas a economia, a ciência política, a história etc. O marxismo desencadeou uma reflexão crítica sobre a ciência, colocando-a na perspectiva do trabalho e da prática. Desenvolveram-se a partir do pensamento de Marx e de Engels diferentes correntes, havendo inclusive distinções entre o marxismo (relativo a esses desenvolvimentos) e o pensamento marxiano (este do próprio Marx).

Houve, talvez, um sonho utópico. Houve tentativas de transformar sonhos em realidade. Tentou-se durante mais de um século buscar melhores alternativas. Quando, diante da derrota mundial dos chamados regimes proletários, se asso-

cia também a derrocada do marxismo, cabe sempre a pergunta: "qual marxismo?"

O esfacelamento da União Soviética não foi consequência do marxismo, e sim da burocracia do Partido. O socialismo, com muitas de suas utopias, pode — depois da queda dos muros, corte das cercas e derrubada de estátuas — ter ficado mais distante, mas o *estatismo*, tão próximo do capitalismo que con-

centra a riqueza e o poder nas mãos de poucos e explora o trabalho de muitos, também se mostrou inviável. Quando vemos se acentuarem crises no mundo devido à ausência de horizontes políticos, talvez valesse a pena repensar caminhos, e, nessa alternativa, somente o conhecimento do marxismo, das concepções de Marx e de Engels, poderá evitar que se tome o nome de Marx em vão.

* * *

Chegamos quase ao século XX. No capítulo seguinte vamos ver como era o mundo, e como a ciência o modificou no entorno da última virada de século.

10 A ÚLTIMA VIRADA DE SÉCULO: 1900 ± 5 ANOS

... e a ciência determina quase uma nova maneira de viver...

Talvez seja muito pretensioso propor uma resenha fiel das conquistas da ciência na virada para o século XX, quando estamos prestes a ser testemunhas desse ritual de passagem mais uma vez. É indiscutível o quanto a história da humanidade avança nesta centúria, que já está na sua última década, mas não é fácil explicar a grande explosão que houve no panorama da ciência no final do século XIX.

Emilio Gino Segrè, um romano que nasceu em 1905, laureado com o Prêmio Nobel de Física em 1959, quando já era há mais de quinze anos cidadão norte-americano, escreveu um livro de mais de trezentas páginas sobre a física no período que agora consideramos. Segrè mostrou, em *Dos raios X aos quarks*, como as profundas alterações no campo da física atingiram de imediato a química, a biologia e a geologia, com a criação de um grande número de novas máquinas e instrumentos. Essas descobertas acabaram por determinar uma espécie de nova Revolução Industrial,

que ainda hoje nos assombra e modifica, a cada dia, os nossos hábitos e costumes. Pelo muito que aconteceu nos últimos anos do século XIX e nos primeiros deste nosso século XX é que esse fecundo período merece, aqui, um capítulo especial.

Escolhemos o ano de 1895 como marco referencial para a análise, porque foi em torno dessa data que houve na história da ciência uma guinada decisiva: algumas descobertas experimentais, como veremos adiante, ampliaram muito o conhecimento microscópico do mundo atômico. Mas como era o mundo da ciência então?

Antes de olhar a ciência na virada do século, olhemos a sociedade, pois não se pode fazer uma análise dissociada. O desenvolvimento da ciência faz parte da história da humanidade e é esta, na sua globalidade, que faz a ciência avançar. Quando o mundo ocidental revelava os primeiros conhecimentos da estrutura do átomo, os países líderes na produção do pensamento científico eram a Inglaterra, a Fran-

ça e a Alemanha. Diferentes eram porém as situações políticas, econômicas e sociais das três grandes potências.

A Inglaterra estava no auge do esplendor sob o império. Enriquecida por 2,5 milhões de milhas quadradas de território recentemente adquiridos, a *Britannia* "dominava os mares" em esplêndido isolamento, mesmo que o Sol nunca se pusesse em seus domínios.

A França ainda estava sofrendo as conseqüências das derrotas da Guerra Franco-Prussiana de 1870 e 1871, que representara violento abalo para a imagem que o povo francês tinha de si mesmo. A desmoralização dos franceses pode ser medida pela reação de Pasteur e de outros cientistas diante dos desastres da guerra. Amargurados, feridos no seu patriotismo, associaram a derrota à atitude de negligência quanto às ciências na defesa do país durante a revolução e durante as guerras napoleônicas. Pasteur esperava que, através das ciências, se pudesse apressar a recuperação da França.

A Alemanha, em rápido processo de ascensão e dominada pelos militares, tinha tomado um rumo imperialista. A luta entre a autoridade civil e a militar, que durara mais de sessenta anos, infelizmente terminara com a vitória dos militares. Bismarck fora demitido em 1890. O *kaiser* Wilhelm II (1859-1941) era, entre os governantes da época, jovem e inexperienced. Considerando-se brilhante — o que não era verdade —, acre-

ditava ele que estava governando a Alemanha de forma soberba e propiciando-lhe uma fase gloriosa. Era apenas a sua opinião. No Brasil vivemos, em época muito recente (1992), situação semelhante, da qual soubemos, afortunadamente, nos livrar.

No mundo de 1895 não havia aviões, praticamente não havia telefones e a eletricidade era muito precária. O oceano podia ser cruzado num navio a vapor, mas, mesmo já decorridos 75 anos de uso do vapor, os navios ainda eram, ocasionalmente, dotados de velas suplementares. A principal forma de comunicação era o correio, não apenas entre os lugares distantes, mas dentro das próprias cidades. Paris tinha um sistema rápido de correio pneumático: uma rede de tubos onde as cartas eram impulsionadas por ar comprimido. As ruas eram iluminadas a gás. O esgoto era um problema e a coleta de fezes era um serviço difícil e desagradável (38).

Em 1895 ainda não havia automóveis. Mas, dois anos mais tarde, quando Ernest Rutherford visitou a exposição do Cristal Palace, em Londres, escreveu o seguinte para sua mãe:

"O que mais despertou o meu interesse foram as carruagens sem cavalos, duas das quais estavam treinando nos pátios em frente".

Essas carruagens andavam cerca de 20 km por hora, mas faziam muito barulho e chacoalhavam. Mesmo sem automóveis havia

acidentes de trânsito, quando os cavalos que puxavam cabriolés ou charretes escapavam ao controle. Veremos que a ciência perderia um de seus maiores nomes em um desses acidentes. Não havia automóveis, mas as estradas cheiravam a estrume, conseqüência inevitável dos meios de transporte de então, numa poluição comparável à provocada hoje por nossos veículos movidos a gasolina ou álcool.

Os laboratórios eram também muito diferentes dos atuais, em matéria de organização e de equipamentos. Em geral havia apenas um professor, que quase sempre morava no próprio laboratório e contava com pouquíssimos assistentes. Mesmo já se fazendo, há muitos anos, inúmeras sínteses, eram ainda as demoradas marchas analíticas que ocupavam os equipamentos e o tempo nos laboratórios.

O *Annalen der Chemie*, pouco tempo antes, tinha o título *Annalen der Physik und Chemie*, porque a física e a química eram consideradas ciências irmãs, em contraste com a nossa atual tendência à especialização, que cria publicações para diferentes sub-ramos de cada ciência. Van't Hoff terminara de formular os fundamentos da cinética química (1884) e a teoria da osmose (1886).

A aminopirina foi descoberta e, ainda em 1886, o americano C. M. Hall e o francês P. L. T. Héroult, trabalhando separadamente, produziram alumínio através da eletrólise. No ano seguinte foi descoberta a fenacetina, droga analgésica, o

sueco S. A. Arrhenius criou a teoria dos íons e o alemão E. Fischer realizou a síntese de açúcares. Em 1888 o alemão W. Ostwald enunciou a lei da diluição, e em 1893 o suíço A. Werner criou a química dos compostos complexos organometálicos. Em 1896 os ingleses Ramsay e Travers descobriram três gases nobres: xenônio, criptônio e neônio.

As descargas de gás eram muito estudadas. A teoria cinética dos gases estava se desenvolvendo com grande rapidez, embora não houvesse muita gente interessada nela e algumas das grandes figuras que atuaram nessa área não tivessem recebido o reconhecimento que mereciam. Mesmo com a formulação dos conceitos de dissociação iônica, de íon em solução e do relacionamento da termodinâmica e do equilíbrio químico, ainda não se pensava em construir modelos de átomos. Isso não estava apenas além da viabilidade técnica, pois o átomo ainda não tinha atingido pleno reconhecimento.

É evidente que os químicos sabiam da "hipótese" atômica, mas nem todos participavam da crença na realidade dos átomos. Numa visão retrospectiva, uma vez que os químicos elaboravam fórmulas químicas e tinham conhecimento da lei de Avogadro e da lei da eletrólise de Faraday, seria lógico que devessem também ter acreditado nos átomos. Mas isso não era em absoluto o que acontecia. Em 1905, por exemplo, o ceticismo ainda imperava, com alguns cientistas rejeitan-

do incontinenti a teoria corpuscular da matéria e outros reconhecendo a utilidade da teoria atômica na química, mas considerando-a distante da realidade. Esses céticos não eram loucos nem incompetentes. Por exemplo, pouco tempo antes, *sir* Benjamin Collins Brodie (1817-1880), professor de química em Oxford, elaborara relatórios e escrevera livros para mostrar que os átomos não eram necessários à química. Com toda a seriedade, desenvolvera um sistema onde os átomos foram excluídos, e ao qual deu o nome de "química ideal". Sentiu-se ofendido quando usaram arames e bolas para construir modelos de moléculas em química orgânica: considerou essas construções como uma "obra de carpinteiro e de natureza inteiramente materialista", um ultraje, algo absolutamente abaixo da dignidade da química.

Em 1887, o estandarte do antiatomismo foi erguido por Wilhelm Ostwald (1853-1932), importante químico alemão e um dos primeiros cientistas laureados com o Prêmio Nobel (1909). Naquele ano, na qualidade de professor de química em Leipzig, Ostwald pronunciou uma aula inaugural, onde apresentou uma doutrina "energética", em que afirmava que todos os fenômenos podiam ser explicados através da ação recíproca da energia, sem a necessidade de átomos. Publicou um manual de química que não usava a teoria atômica. Em 1909 esse livro foi traduzido para o inglês. Ostwald manteve-se arraigado em sua posição até que J. J.

Thomson e S. Arrhenius conseguiram abalar-lhe as convicções, o que o levou a retratar-se.

Entre os físicos, um dos maiores combatentes da "hipótese atômica" foi Ernst Mach (1838-1916). Também renomado psicólogo, comparou os átomos a símbolos algébricos, mas mudou de opinião ao ver cintilações de partículas alfa. Mesmo Max Planck, nessa época, era reticente em manifestar sua crença no átomo. A razão desse ceticismo não era o fato de ninguém haver visto átomos até então — aliás, até hoje ninguém ainda viu, literalmente, um átomo —, mas porque faltavam evidências para corroborar o modelo.

QUATRO GRANDES DESCOBERTAS: RAIOS X, ELÉTRON, EFEITO ZEEMAN E RADIOATIVIDADE

O *elétron*, que em 1833 já fora prognosticado em um estudo de Faraday, ofereceu muitos desafios aos cientistas. J. Plücker (1801-1868), trabalhando com descargas elétricas, verificou que eram desviadas por campos magnéticos, produzindo fosforescência. J. Hittorf (1824-1914), aluno de Plücker, em 1869 construiu os primeiros tubos de raios catódicos, que foram aperfeiçoados por E. Goldstein e W. Crookes. Hoje sabemos que raios catódicos são elétrons, mas então o assunto era objeto de grandes discussões. Hertz afirmava ter provas experimentais de que os raios catódicos não podiam ser partículas, no

que tinha a adesão dos físicos alemães. Foi o francês J. B. Perrin (1870-1942) que, em 1895, demonstrou que os raios catódicos eram partículas carregadas negativamente. Em 1899, J. J. Thomson, professor Cavendish (título acadêmico) da Universidade de Cambridge, fez a determinação da carga e da massa do elétron, e R. A. Millikan, em 1910, aperfeiçoou a determinação da massa.

O *efeito zeeman* foi uma descoberta do holandês Pieter Zeeman (1865-1943), que, trabalhando em Leyden, deu continuidade a um experimento de antigo estudo de Faraday. Zeeman observou o alargamento das linhas espectrais criadas por um campo magnético. Sua idéia fundamental era de que a luz é emitida por partículas carregadas (elétrons) que se movem no átomo. O movimento dessas partículas seria influenciado pelo campo magnético, de acordo com as leis clássicas do eletromagnetismo. A partir dessas observações, Zeeman, juntamente com H. A. Lorentz, determinou a relação carga/massa do elétron, bem como o sinal negativo para essa relação. Isso representou um avanço para muitas concepções a respeito da natureza elétrica da matéria e da eletricidade.

Os *raios X*, que também são conhecidos como *raios Röntgen*, foram descobertos por Wilhelm Conrad Röntgen (1865-1923), quando, em 8 de novembro de 1895, trabalhava com uma válvula de Hittorf, totalmente coberta por uma cartolina preta em uma sala escura. A certa distância havia uma folha de papel tratada com platino-cianeto de bário e usada como tela, que inexplicavelmente começou a brilhar, com emissão de luz. Algo devia estar atingindo-a para que brilhasse. Röntgen, surpreso com o fenômeno, pôs-se a pesquisá-lo.



Caricatura de Wilhelm C. Röntgen, que o associa a sua importante descoberta feita em 1895: os raios X.

Colocou vários objetos entre a válvula e a tela e todos pareciam transparentes. Quando, acidentalmente, sua mão passou em frente à válvula, viu seus ossos na tela. Estava descoberta uma radiação desconhecida: os raios X.

Röntgen repetiu as experiências e elaborou um relatório preliminar à Sociedade Físico-Médica de Würzburg. A descoberta dos raios X logo causou comoção no mundo científico, pois, mesmo entre médicos, havia alguns que faziam restrições às intervenções cirúrgicas, pois o bisturi poderia cortar a alma. A descoberta desfez os preconceitos. Röntgen foi convidado a fazer conferências sobre sua descoberta em vários lugares, mas sempre recusou por falta de tempo, pois precisava encontrar a explicação para o fenômeno. Passaram-se dezesseis anos, até que os trabalhos de Max von Laue e de Friedrich e Knipping esclarecessem dúvidas a respeito dos raios X. Röntgen foi o primeiro laureado com o Prêmio Nobel de Física, em 1902.

A *radioatividade* foi, muito provavelmente, a mais revolucionária e a mais emocionante descoberta do fim-de-século. Entre aqueles que receberam relatos e fotografias das descobertas de Röntgen estava um grande matemático francês, Henri Poincaré, que acompanhava com grande interesse os progressos da física. Poincaré mostrou fotografias obtidas por raios X em uma das reuniões semanais da Académie des Sciences, em 20 de janeiro de 1896,

e Henri Becquerel (1852-1908) ficou muito impressionado, considerando a possibilidade de o fenômeno relacionar-se com seus trabalhos de fluorescência.

Após conhecer os trabalhos sobre raios X, Becquerel, que descendia de uma família que, havia quatro gerações, projetava físicos de renome, repetiu vários experimentos com sais de urânio e descobriu que estes emitiam radiações que impressionavam chapas fotográficas como os raios produzidos por Röntgen. A princípio acreditava que esses sais emitiam radiações por terem armazenado energia luminosa, mas posteriormente verificou que isso ocorria mesmo em dias nublados. Isto é, os sais de urânio emitiam raios capazes de penetrar em papel negro, tivessem ou não sido expostos à luz do Sol. Logo em seguida Becquerel descobriu que esses raios não apenas escureciam chapas fotográficas, como ionizavam gases, transformando-os em condutores. Era assim possível medir a *atividade das radiações* de uma amostra através da ionização produzida.

A história da descoberta de substâncias que têm capacidade de emitir radiação (radioativas) continuou com a entrada em cena de um casal — Pierre e Marie Curie — que ocupa um lugar ímpar na história da ciência e sobre o qual existem enriquecedoras biografias (9 e 34)

Pierre Curie (1859-1906), filho de um médico francês de tendências esquerdistas, cedo mostrou

grande aptidão para a matemática. Aos dezesseis anos já era bacharel em ciências, e aos 24 foi nomeado chefe do laboratório da École de Physique et Chemie de Paris. O fato de não ter estudado na École Polytechnique foi um obstáculo à sua carreira. Publicou trabalhos sobre simetria de cristais, descobriu a piezoelectricidade e introduziu a teoria de grupos.

Marie Sklodowska Curie (1867-1934) nasceu em Varsóvia. Em 1891, antes de fazer 24 anos, abandonou a Polônia, com uma passagem de quarta classe e 4 rublos (20 dólares), dirigindo-se a Paris para estudar física. cursou a Faculdade de Ciências e nesse período passou muitas privações. Conheceu Pierre em 1894, quando este já gozava de respeitável reputação científica. Indo passar as férias de verão com os pais, estes a entusiasmaram para que casasse com o remetente das cartas tão apaixonadas e poéticas que chegavam à Polônia.

Pierre e Marie casaram-se em 1895. Passaram a lua-de-mel pedalando bicicletas pelo interior da França. Em 1897, Marie pediu ao marido sugestões para sua tese de doutoramento, e Pierre indicou-lhe o estudo das radiações descobertas por Becquerel.

Inicialmente Marie repetiu os experimentos de Becquerel, usando uma aparelhagem projetada por Pierre e bem mais precisa do que o eletroscópio de Becquerel. Primeiro verificou que a intensidade de radiação era proporcio-

nal à quantidade de urânio presente na amostra, e independente de sua forma química (isto é, não fazia diferença ser um sal ou um óxido de urânio). Marie confirmou então que a capacidade de emitir radiações era uma propriedade atômica do urânio. A seguir descobriu que o urânio não era o único elemento que emitia a radiação espontânea, para a qual ela propôs o nome de *radioatividade*. Viu que compostos do tório também eram *radioativos*.

Ao decidir experimentar outras amostras de minerais, verificou que algumas eram mais radioativas, mesmo quando a quantidade de tório e urânio nesses minerais era pequena. A *pechblenda*, um minério de urânio, revelou-se quatro vezes mais radioativa que o urânio puro. Levantou uma hipótese: devia haver outro elemento desconhecido que era radioativo. Começou a procurá-lo. Não conhecia nenhuma propriedade química desse elemento, além do fato de ele ser radioativo.

Elaborou o que passou para a história como uma rotina básica de análise radioquímica. Como a tarefa era ingente, sugeriu que Pierre se associasse a ela. Trabalharam juntos, em condições muito insalubres. O novo elemento se anunciava muito mais radioativo que o urânio, e suspeitavam que poderia ser mais de um elemento. Em julho de 1898 puderam anunciar a descoberta da nova substância, a partir da medida de radiação feita em alguns miligramas agora purificados. Pierre sugere-

riu que ela desse um nome ao novo elemento. O coração da *ex-made-moiselle* Sklodowska voltou-se para a pátria que para ela havia sido riscada dos mapas e disse: "Poderíamos chamá-lo de *polônio*..." Descobriram que a substância desaparecia espontaneamente, reduzindo-se à metade em um período característico que chamaram de *meia-vida*.

Dois meses depois comunicavam à Academia de Ciências que



Marie e Pierre Curie, casal laureado com o Prêmio Nobel, trabalhando em seu modesto laboratório em Paris.

"... as várias razões que acabamos de enumerar levam-nos a crer que a nova substância radioativa contém um novo elemento a que propomos dar o nome de rádio. A radioatividade do rádio deve ser enorme" (9).

Os físicos receberam a notícia com reservas. Essas descobertas perturbavam suas teorias. Os Curie anunciavam dois novos elementos e já falavam de suas propriedades quando tinham apenas traços dos mesmos. Era preciso mais provas. Os químicos ainda foram mais céticos. Queriam saber quais eram as propriedades químicas dos dois novos elementos e quais suas massas atômicas.

Os Curie conseguiram doações de minério de pechblenda das minas da Boêmia, graças à interferência de um colega vienense. Vibraram quando um pesado carroção chegou com sacos de minério ao laboratório. Ali devia estar oculto o rádio que teriam de extrair. Foram meses de trabalho em um galpão úmido, sem assoalho e com o telhado cheio de goteiras. O trabalho era exaustivo. Marie escreveu:

"Não tínhamos dinheiro, laboratório, nada. Era como criar do nada. No entanto foi naquele miserável galpão que passamos os dias mais felizes de nossa vida, inteiramente consagrados ao trabalho. Eu às vezes dedicava o dia inteiro a mexer aquela pasta em ebulição com uma vara de ferro quase do meu tamanho. Cheguei a tratar até vinte quilos do material de uma vez, o que resultava em encher o galpão de grandes vasos transbordantes de precipitados e líquidos. O trabalho era exaustivo: transportar os recipientes, derramar os líquidos e depois mexer durante horas a matéria que fervia num caldeirão" (9).

O rádio não demonstrava a menor intenção de dar-se a conhecer, mas sua radioatividade era tão forte que uma quantidade muito pequena disseminada no minério dava origem a fenômenos surpreendentes. O difícil era isolar uma quantidade. Os trabalhos estenderam-se por meses e anos. É ainda de Marie este relato:

"Em nosso galpão reinava tranqüilidade: por vezes, enquanto observávamos alguma operação, caminhávamos de um lado para outro, conversando sobre os trabalhos presentes e futuros. Quando sentíamos frio, reconfortávamos uma xícara de chá bem quente, sorvida perto do fogão. Vivíamos com uma única preocupação, como num sonho. Como será ele? Que aspecto terá? E Pierre respondia: 'Não sei... Gostaria que ele tivesse uma cor bonita...'"

Muitas vezes Pierre quis desistir, esperando condições melhores, como, por exemplo, um laboratório. Marie obstinadamente se aferrava aos aparelhos e aos tubos de ensaio.

Em 1902, quarenta e cinco meses depois de anunciarem a provável existência do rádio, os Curie conseguiram preparar alguns decigramas de rádio puro e determinar o seu peso atômico. Os físicos e químicos incrédulos tiveram de curvar-se diante da evidência. O rádio existia oficialmente. Tinha mais que uma cor bonita, como desejava Pierre; era luminoso, fazendo o escuro laboratório parecer como que iluminado por vaga-lumes.

Os estudos prosseguiram. Se o polônio e o rádio emitiam partículas e, naturalmente, energia, era preciso explicar a razão do fenômeno, até mesmo porque, em 1898, a conservação da energia já era um princípio aceito e os cientistas não demonstravam muita vontade de abrir mão de seus conceitos. De onde vinha a energia do polônio? Muitas hipóteses foram levantadas. Em 1903 os Curie receberam o Prêmio Nobel de Física, juntamente com Becquerel, o que lhes amenizou a situação financeira, embora não tenha propiciado o almejado laboratório. No seu discurso, ao receber o prêmio, Pierre já alertava:

"Pode-se ainda conceber que, em mãos criminosas, o rádio venha a tornar-se bastante perigoso, e aqui podemos indagar-nos se é vantajoso para a humanidade co-

nhecer esses segredos ou se esse conhecimento lhe será nocivo. O exemplo das descobertas de Nobel é característico, os poderosos explosivos têm permitido aos homens executar tarefas admiráveis. São também um meio terrível de destruição nas mãos dos grandes criminosos que arrastam os povos para a guerra. Estou entre aqueles que pensam, como Nobel, que a humanidade extrairá mais bem do que mal das novas descobertas" (9).

Nos noventa anos que medeiam esse discurso de Curie, ainda de vibrante atualidade, a humanidade viveu duas grandes guerras mundiais, sendo que na última as armas nucleares foram decisivas.

Em 1904, sete anos após iniciar suas pesquisas, Marie, com 37 anos e uma saúde muito precária, principalmente pela grande quantidade de radiação recebida nos anos de trabalho, apresentou sua tese de doutorado.

Em 19 de abril de 1906, uma terrível tragédia enlutou a ciência, mais particularmente Marie e suas duas filhas. Pierre, ao sair de um almoço no Hôtel des Sociétés Savantes, abriu um guarda-chuva para enfrentar o aguaceiro e foi atropelado por uma carruagem, tendo a roda esmagado-lhe a cabeça. Marie tornou-se uma mulher incurável e laconicamente solitária. Eis o que ela escreveu, conforme consta na biografia escrita por sua filha Eva:

"Pierre, meu Pierre, você está aí tranqüilo como um pobre ferido que repousa no sono, com a cabe-

ça enfaixada. O seu rosto é suave e sereno. Os seus lábios, que eu costumava chamar de gulosos, estão lívidos e descorados. Que choque terrível deve ter sofrido sua cabeça querida que eu tantas vezes acariciei com as duas mãos. Beijo suas pálpebras, que você costumava fechar para que eu pudesse beijá-las, oferecendo-me a cabeça num gesto tão familiar. Pusemos você no caixão sábado de manhã. Beijamos seu rosto tão frio pela última vez. Espalhamos sobre você pervincas do jardim e um retrato daquela que teve a felicidade de agradar-lhe tanto. (...) Meu Pierre, você não se enganava. Nós fomos feitos para viver um para o outro. Nossa união tinha de ser. Não deixei que o cobrissem com aquele horrível pano negro. Cobri você de flores e fiquei sentada ao seu lado. Tudo está acabado, Pierre dorme o seu último sono debaixo da terra. Isso é o fim de tudo, tudo, tudo" (9).

Na Sorbonne, uma secular tradição foi quebrada. A Faculdade de Ciências decidiu, por unanimidade, confiar a madame Curie a cátedra criada para Pierre Curie. Pela primeira vez um posto no ensino superior francês era entregue a uma mulher. Mas a Academia de Ciências, por ser então contrária à admissão de mulheres, negou-lhe o acesso por um voto.

Em 1911, aconteceu outro feito inédito, incomum até hoje. Pela primeira vez uma mesma pessoa ganhou um segundo Prêmio Nobel de Ciência. Marie Curie foi laureada com o Prêmio de Química. Seus trabalhos sobre radioativi-

dade prosseguiram, mas ela continuava também muito envolvida na educação das filhas, nisto muito ajudada pelo pai de Pierre, o doutor Curie. Como estava muito envolvida com amizades masculinas, mesmo porque era praticamente a única mulher entre os cientistas, foi acusada de destruir lares e manchar a honra do nome que usava. Foi muito insultada pela imprensa, e a inveja que mobilizava com sua fama lançou-a na amargura.

Em 1913 fez uma emocionante viagem a sua Varsóvia, e lá inaugurou um Laboratório de Radioatividade que deveria dirigir à distância. Na França inaugurou o Institut du Radium-Pavillon Curie, situado na Rue Pierre Curie. Viagrou a vários países do mundo, inclusive o Brasil, em campanhas de cooperação científica, recebendo homenagens em reconhecimento pelos seus feitos. Na China seu retrato foi colocado num templo de Confúcio, entre os benfeitores da humanidade, como Descartes, Newton e Buda. Em 1922 a Sorbonne ficou repleta de personalidades, incluindo o presidente da República, e de familiares de Marie que vieram da Polônia, para assistir a uma homenagem à primeira mulher a ser eleita para a Academia Francesa de Medicina.

No final de sua vida, então sempre com as mãos envoltas em gaze devido às muitas queimaduras provocadas por radiação, Marie ainda pôde assistir à descoberta da radioatividade artificial, feita por sua filha Irene e pelo seu genro,

pela qual ganharam o Prêmio Nobel de Química em 1935. Marie, que prognosticara a premiação, morrera no ano anterior, em 4 de julho, tendo o diagnóstico em sua medula óssea revelado o verdadeiro criminoso: o rádio.

Contemplar os feitos de Pierre e Marie Curie nos faz admirar o trabalho gigantesco dos muitos heróis, muitas vezes anônimos, que fizeram, fazem e farão a ciência.

Após comentarmos essas quatro descobertas do último fim-de-século (o elétron, o efeito Zeeman, os raios X e a radioatividade), há três outros assuntos decisivos para entendermos a nova física que surge no limiar de nosso século XX.

A TRANSMUTAÇÃO DOS ELEMENTOS

A transmutação dos elementos representa, pelo menos teoricamente, a realização de um sonho dos alquimistas. Há um nome que merece uma referência especial, mais por seu significado simbólico, pois os importantes progressos nessa área foram produto do trabalho de muitos. O destaque para Ernest Rutherford (1871-1937) traduz o reconhecimento a um dos mais famosos criadores de uma escola da qual saíram colaboradores como O. Hahn e F. Soddy, no Canadá; H. Geiger, E. Marsden, N. Bohr, G. Hevesey e H. G. Moseley, em Manchester; J. Chadwick, P. M. S. Blackett, J. D. Cockcroft, E. T. S. Walton, M. Oliphant, M. Goldhaber, C. E. Wim-Williams e outros, em

Cambridge. Assim, quem conhece as muitas descobertas realizadas por esses cientistas pode avaliar a liderança de Rutherford e a maneira como ela se difundiu entre seus discípulos (38)

Rutherford nasceu perto de Nelson, na distante Nova Zelândia. Ali foi um aluno brilhante, tendo conseguido uma bolsa para o Canterbury College, onde teve seu primeiro laboratório e onde escreveu uma tese sobre magnetização do ferro. Não deixa de ser surpreendente que isso tenha ocorrido na Nova Zelândia, em 1889. Com dinheiro emprestado para a viagem, Rutherford foi para a Inglaterra. O reconhecimento da importância de sua obra pode ser traduzido pelo fato de, doze anos após sua chegada à Inglaterra, ter recebido o Prêmio Nobel de Química. Foi escolhido *sir* do Reino, tornando-se *lord* Rutherford of Nelson (fazendo colocar no brasão as curvas do decaimento radioativo). Quando Rutherford morreu, em 1937, foi enterrado na abadia de Westminster, junto ao túmulo de Newton.

Rutherford, que inicialmente estudou a radioatividade, foi o responsável pela nomenclatura dos três tipos de emissões: raios alfa e beta e radiações gama. Quando já era professor da Universidade McGill, Montreal, trabalhando com Soddy, Rutherford concebeu a idéia de que deveria ocorrer uma transmutação de elementos quando da

emissão radioativa, mas hesitava em mencioná-la, por soar parecido com a alquimia. Quando informou a descoberta a seus colegas, estes lhe recomendaram usar com prudência a explicação, pois poderia passar por louco. Mas havia provas que não podiam ser refutadas. Ocorria realmente a transmutação de elementos num processo radioativo. Outra grande contribuição de Rutherford foi ter formulado o modelo nuclear do átomo.

A IDÉIA DE QUANTIZAÇÃO

Uma das mais revolucionárias criações da física, diferente das outras aqui relatadas, não é resultado de trabalhos experimentais, mas produto do desenvolvimento de trabalhos teóricos. A adoção da idéia de *quantum*¹ representa uma significativa mudança na física, que depois das conquistas que relatamos no capítulo 8 parecia harmoniosa e completa. Essas idéias foram se desfazendo, porque o eletromagnetismo maxwelliano já não podia ser reduzido à mecânica. Também a termodinâmica clássica, com o advento da mecânica estatística, carecia de melhores modelos para a explicação de fenômenos como o da radiação de um corpo.

Max Planck (1858-1947), físico alemão, fez em 1900 uma descoberta que determinou uma revo-

lução em muitos campos da física e forçou uma mudança radical na descrição dos fenômenos. Planck concebeu que, por exemplo, a energia emitida por um corpo não é contínua e sim formada por *quantidades pequenas, mas finitas*, que denominou *quantum* de energia. Assim, a energia passava a ser entendida como formada por um número muito grande dessas pequenas quantidades de energia, isto é, a energia total é formada por um determinado número de *quanta*.

Assim, a energia $E = nh\nu$, onde h é uma nova constante universal, denominada *constante de Planck*, e ν é a frequência da radiação emitida pelo corpo, sendo $h\nu$ um *quantum* de energia e n o número desses *quanta*. Planck, nos trabalhos de 1900, apresentou o valor de h como sendo $6,55 \times 10^{-27}$ erg · s. Se tentarmos imaginar quanto o valor de h é fantasticamente pequeno, poderemos ter uma idéia de como um *quantum* é também fantasticamente pequeno. Para facilitar, vejamos um pouco a compreensão da descontinuidade.

Por exemplo, um oscilador harmônico não poderia ter nenhuma energia, conforme ensinado pela mecânica clássica ou pela electricidade, mas apenas valores discretos múltiplos integrais de $h\nu$. Isso foi revolucionário, e é Einstein quem diz textualmente:

"Todas as minhas tentativas de adaptar as bases teóricas da física a essas novas noções fracassaram integralmente. Era como se

o chão tivesse sido arrancado de debaixo dos pés por alguém e esse alguém não visse nenhuma base firme onde pudesse se apoiar" (38: 75).

Se a teoria de Planck parecia um pesadelo, não era fantasia, porque as conseqüências experimentais foram abrangentes e corretas.

A formulação da teoria dos *quanta* valeu a Planck o Prêmio Nobel de Física, em 1918. No discurso, ao receber o prêmio, ele explicou que:

"... ainda que a fórmula da radiação estivesse perfeita e irrefutavelmente correta, teria sido, afinal de contas, apenas uma fórmula de interpolação descoberta por um feliz acaso de raciocínio, e isso nos teria deixado relativamente insatisfeitos. Em conseqüência, a partir do dia da descoberta, dispus-me a dar-lhe uma interpretação física, o que me levou a examinar as relações entre entropia e probabilidade segundo os conceitos de Boltzmann. Após algumas semanas, do mais intenso trabalho que já realizei na vida, as coisas começaram a clarear e visões inesperadas revelaram-se a distância" (38: 75).

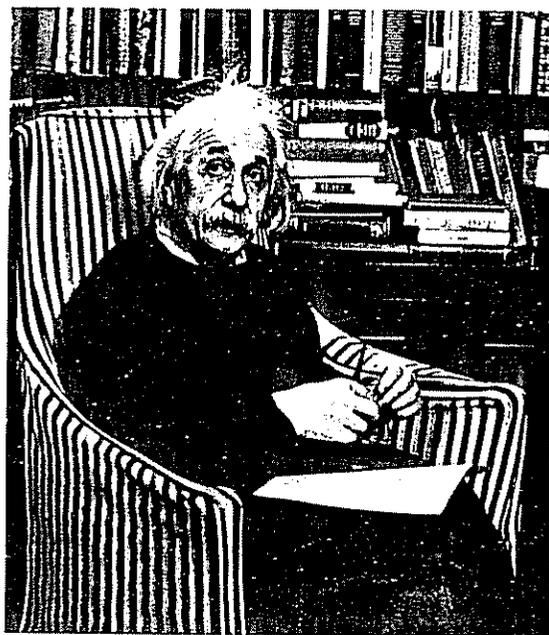
A constante de Planck domina os cálculos da física atômica deste século, mas sua grandeza não pode ser explicada. Como outras constantes universais, como por exemplo a velocidade da luz, ela é apenas um fato matemático para o qual ainda não se encontrou explicação. O imenso alcance da teoria

¹ *Quantum* é palavra latina, do gênero neutro, que significa "quantidade". O plural de *quantum* é *quanta*.

dos *quanta* de Planck só se tornou perceptível quando, em 1905, Einstein, um dos poucos contemporâneos de Planck a dar-lhe importância, aplicou a noção de *quantum* para explicar novas realidades.

RELATIVIDADE: NOVA FORMA DE PENSAR ESPAÇO E TEMPO

Para uma das mais fantásticas realizações da criação científica, não se tem a pretensão, nas limitações destas linhas, de fazer mais que um mero anúncio. Seu genial criador, Albert Einstein (1879-1955), prefaciando o livro onde expôs sua teoria, escreveu, em 1948:



Albert Einstein, reconhecido como um dos maiores nomes da ciência do século XX

“Quem já tenha tentado apresentar, sob forma de vulgarização, um assunto científico de natureza um tanto abstrata, sabe das grandes dificuldades que tal empresa oferece. Ou, escondendo o âmago do problema e só oferecendo aspectos superficiais ou vagas notícias, consegue o autor ser inteligível, iludindo desse modo o leitor, pela impressão enganosa que fica de haver compreendido; ou então apresenta um resumo técnico do problema, que obstará ao leitor não-especializado o seguimento da exposição, desanimando-o de continuar a leitura” (5: 9)

Nenhuma das alternativas ocorrerá aqui, pois, como dissemos, não há a pretensão de explicar a teoria da relatividade

“Uma vez que a teoria da relatividade é apresentada por seu autor em linguagem matemática e, a rigor, não pode ser formulada em nenhuma outra, há certa presunção em qualquer tentativa de traduzi-la para o vernáculo. Seria o mesmo que tentar interpretar a Quinta Sinfonia de Beethoven num saxofone” (38: 224).

Einstein, que reconhecemos imortalizado em fotografias com uma estranha cabeleira, e, em uma delas, com a língua à

mostra, ou através da fórmula que diz que há uma interconversão de matéria e energia, expressa por $E = mc^2$ (onde c é a velocidade da luz), nasceu em Ulm, na Alemanha, tendo estudado na Itália e na Suíça. Como estudante não foi brilhante, exceto em matemática. Em Zurique casou-se com uma estudante e se tornou cidadão suíço. Frustrado na sua ambição de se tornar professor universitário, em 1902 aceitou, para resolver seus problemas financeiros, o trabalho de revisor dos pedidos de patentes em uma repartição federal, em Berna.

Em 1905, quando tinha 26 anos, longe da Academia e no seu modesto emprego, eclodiu sua genialidade e se iniciou a revolução einsteiniana. Publicou nesse ano três artigos em alemão, cujos títulos são pouco prosaicos. Em março: “Um ponto de vista heurístico sobre a geração e transformação da luz”, onde aproveita a teoria dos *quanta* e explica o fenômeno fotoelétrico, mostrando que a luz também é constituída de *quanta*. O segundo, em maio: “Sobre os movimentos de partículas suspensas em líquidos em repouso conforme a teoria cinética do calor”, no qual apresenta a teoria do movimento browniano, mostra a existência real dos átomos e determina a constante de Boltzmann de nova maneira. O terceiro, e mais famoso, aparece em junho: “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento”, no qual está a teoria da relatividade, e que contém a famosa fórmula já referi-

da, que, em geral, é praticamente tudo o que o público sabe sobre Einstein, além de que essa fórmula é “o segredo da bomba atômica”.

Os fundamentos da teoria especial da relatividade se assentam em duas suposições básicas. A primeira é o princípio de que “todo o movimento é relativo”, ilustrado com a situação do passageiro que está *parado* em um trem em alta velocidade e que, se não olhar para fora, pode ter a impressão de que o trem também está parado. Ou, numa escala maior, o movimento da Terra, que não seria percebido se não houvesse corpos celestes para comparação.

A segunda grande hipótese de Einstein é a de que a velocidade da luz é independente do movimento de sua fonte, isto é, essa velocidade, $300.000 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, é sempre a mesma em qualquer parte do universo, sem distinção de lugar, tempo ou direção. Além disso, nada pode superar essa velocidade, embora a velocidade dos elétrons se aproxime muito dela. A luz é, assim, o único fator constante e invariável em toda a natureza.

Dizer que tudo é relativo, menos a luz, implica admitir que o *tempo* é relativo. Esse é um dos conceitos einsteinianos mais complexos, pois transtorna nossas crenças tradicionais. Segundo Einstein, acontecimentos ocorridos em diferentes locais, simultâneos para um observador, não os são para outro observador que se desloque em relação ao primeiro. Dois fatos considerados simultâneos por um

observador que estiver parado no solo não ocorrem ao mesmo tempo para outro observador que estiver viajando em um trem ou avião. O tempo é relativo quanto à posição e à velocidade do observador, e não absoluto. Aplicando essa teoria ao universo, um acontecimento em uma estrela distante não é testemunhado ao mesmo tempo na Terra e em um outro planeta.

Também a *massa* é variável. À medida que a velocidade aumenta, a massa do objeto se torna

maior. Observou-se em experimentos que partículas de matéria aceleradas até 86% da velocidade da luz pesam duas vezes mais que em repouso. Isso representou significativas conseqüências para o modelo atômico e para os estudos relativos à energia atômica.

A equação de Einstein permaneceu uma teoria até 1939. Na época ele já morava nos Estados Unidos, país que o recebeu como cidadão quando foi expulso pelo nazismo da Europa por ser judeu.

* * *

Se considerarmos os eventos comentados neste capítulo e observarmos que todos ocorreram em apenas uma década, 1895-1905, torna-se compreensível por que dissemos na abertura o quanto havia sido significativo para o entendimento do universo esse entorno da última virada do século: raios X, a natureza da eletricidade, a radioatividade, a transmutação nuclear, a quantização da energia, a teoria da relatividade. No capítulo seguinte nossa viagem chega quase ao fim. Vamos conhecer um pouco da ciência de nosso século.

11 SÉCULO XX: A CIÊNCIA FAZ MARAVILHAS...

A ciência tem suas catedrais construídas pelo esforço de uns poucos arquitetos e de muitos trabalhadores.

(G N. Lewis)

Fosse este um livro sonoro (e esta alternativa não é uma ficção, pois já existem livros cujo suporte, em vez de ser o papel, é um *compact disc* [CD]), a abertura deste capítulo poderia ser acompanhada por um coral cantando "Aleluia", do oratório *O Messias* de Händel. Estaríamos festejando a chegada aos dias atuais desta longa caminhada que começou há milhões de anos. Quando partimos, vimos extasiados nosso ancestral fazer uma de suas primeiras e importantíssimas descobertas: usar uma vara para colher um fruto, que estava mais alto em uma árvore. Em nossa viagem acompanhamos as múltiplas criações da mente humana. Agora estamos no século XX.

Um dos acontecimentos mais espetaculares de nossos dias é produto da acumulação de conhecimentos que descrevemos ao longo de todos os capítulos anteriores. Ocorreu

no dia 16 de julho de 1969: o homem caminhou, pela primeira vez, na Lua. Se considerarmos que quando começou o nosso século o avião ainda era uma ficção, constatamos a aceleração do progresso científico nos últimos anos. Quanta história medeia os muitos milênios decorridos entre o uso da vara como prolongamento da mão e o emprego do avião como um rápido meio de transporte? Quantas criações engenhosas há nas poucas décadas que estão entre o primeiro vôo num meio de transporte mais pesado que o ar e as conquistas espaciais deste século?

As respostas a essas duas perguntas nos assombram e nos mostram que a aceleração dos acontecimentos nos nossos dias faz com que seja pretensioso, em algumas poucas páginas, tentar uma análise, mesmo que superficial, de tudo o que já ocorreu e ocorre na história da ciência contemporânea. Assim, dividimos este capítulo em três momentos que, mesmo não sendo re-

presentativos de todos esses acontecimentos, ilustrarão um pouco a caminhada.

No primeiro, vamos retomar a busca de conceitos sobre a natureza da matéria iniciada há 25 séculos, com os gregos, e continuada, por exemplo, nos trabalhos de Dalton no começo do século passado: *como é o átomo?*

No segundo segmento, destacando que mais uma vez não queremos nos centrar em nomes, como indica a epígrafe deste capítulo, há entre eles um que, neste século, mais uma vez mudou a maneira de a humanidade pensar: Sigmund Freud.

Na terceira parte, vamos nos referir a um indicador do desenvolvimento da ciência, que, mesmo podendo ser contestado, pensamos ser válido: *os prêmios Nobel*.

MAIS UM POUCO SOBRE O ÁTOMO

Vimos que a explicação encontrada por Rutherford para a radioatividade era a transmutação nuclear, que na verdade se assemelha muito às tentativas perseguidas pelos alquimistas de mudar um elemento em outro: quando há emissão de partículas alfa (α) ou beta (β) o núcleo de um determinado elemento se converte em um outro núcleo. Ao emitir uma partícula α , o núcleo perde duas unidades de carga; ao emitir um elétron (partícula β), ganha uma. Comprovou-se assim a lei de Soddy sobre o deslocamento radioativo. Os raios X, através dos

estudos de H. G. J. Moseley* (1887-1915), consagrados na lei de Moseley, são fundamentais na determinação do número atômico.

A realização desses experimentos levou a equipe de Rutherford a uma descoberta notável, nas últimas semanas de 1910: o *núcleo atômico*. Isso ocorreu quando das observações sobre a inesperada ocorrência de grandes ângulos de dispersão das partículas α em lâminas metálicas. O modelo de átomo proposto por J. J. Thomson — “um pudim com carga elétrica positiva, com elétrons, à semelhança de passas” — não era mais uma explicação adequada para as diferentes evidências decorrentes das observações. Em sua proposta de um átomo nuclear, em 1911, Rutherford citou um artigo de 1904, do físico japonês H. Nagaoka, que propôs, com o nome de *sistema saturniano*, um modelo de átomo com uma partícula central carregada positivamente, rodeada por elétrons girando com uma velocidade angular comum. A análise feita por Rutherford da trajetória percorrida pelas partículas α exigia novo modelo. Houve propostas quase simultâneas para um modelo com átomo nuclear. Em artigo de fevereiro de 1914, “A estrutura do átomo”, Rutherford tratava da dispersão de partículas α e β e da dimensão e constituição do núcleo.

J. J. Thomson, ao final da Primeira Guerra Mundial, aposentou-se do cargo de diretor do Laboratório Cavendish. Rutherford candidatou-se para a linha de sucessão:

Maxwell, Rayleigh e J. J. Thomson. As buscas de propostas adequadas para um modelo de átomo continuavam intensas entre os membros da equipe de Rutherford, quase todos experimentalistas. O próprio Rutherford tinha sentimentos mistos em relação à teoria: não ignorava sua importância, mas pensava intuitivamente, usando modelos simples. Houve, então, uma revolução teórica, desencadeada por um dinamarquês que, graças ao incentivo do pai, eminente fisiologista, desde a escola primária tivera despertado seu interesse pela física: Niels Bohr (1885-1962).

Bohr chegou a Manchester em março de 1912, pois em Cambridge não houve muito interesse por sua tese sobre a teoria eletrônica escrita em Copenhague, mesmo porque a versão inglesa era longa e sua publicação demasiado cara. Em 28 de maio de 1912 mandou uma carta para seu irmão Harald, que veio a tornar-se um matemático de renome, dizendo que: “... não há aqui ninguém que realmente esteja interessado nestas coisas” (6: 39). Para Bohr, um teórico, não fazia parte da tradição inglesa a valorização das inferências lógicas. Entretanto, duas semanas depois escrevia para o irmão:

“As coisas não vão muito mal neste momento; há alguns dias tive uma pequena idéia sobre a compreensão dos raios α (...) e construí uma pequena teoria sobre esta absorção, a qual, embora modesta, talvez possa esclarecer algumas

coisas relativas à estrutura dos átomos. Podes imaginar como é bom estar aqui onde há tanta gente com quem falar (...) o professor Rutherford presta uma atenção viva e efetiva a tudo que apresenta indícios de ter algo assimilável. Nos últimos anos tem elaborado uma teoria da estrutura dos átomos que parece bastante mais firmemente fundamentada do que tudo o que tem sido feito até aqui. (...) Tenho tantas coisas que gostaria de tentar... mas terão que esperar” (6: 40).

O trabalho produzido por Bohr nos quatro primeiros meses em Manchester foi impressionante. Passava grande parte do dia realizando experiências sugeridas por Rutherford. Nas cartas à noiva, relatava como o trabalho progredia. Eis o trecho de uma dessas cartas, escrita em 5 de julho de 1912, menos de um mês antes de ir a Copenhague para casar-se:

“... Não parecem desencorajadoras as coisas com os tais minúsculos átomos, ainda que os resultados dos cálculos tenham seus altos e baixos” (6: 41).

Às vésperas da viagem escreveu para a noiva que Rutherford viu pronta a metade da memória sobre os raios α . Voltando a Manchester, já casado, mostrou a Rutherford a memória completa. Esse trabalho, ainda conservado, consiste de seis folhas, cuidadosamente escritas e numeradas, colocadas num envelope onde escreveu: “Primeiro esboço das idéias contidas na memória

Sobre a constituição de átomos e moléculas (escritas para mostrar ao prof. Rutherford) (junho e julho de 1912)"

Uma decisiva contribuição de Bohr para esclarecer o modelo atômico ocorreu no início de 1913, quando um estudante lhe perguntou qual a relação de seu modelo com os estudos dos espectros. Quando ele disse que não havia nenhuma relação, o aluno o aconselhou a olhar a fórmula de Balmer. Muitos anos mais tarde diria Bohr: "Logo que vi a fórmula de Balmer, tudo se tornou claro para mim".

J. J. Balmer (1825-1898), um professor secundário suíço interessado em numerologia, tinha observado uma espantosa regularidade nas frequências das linhas espectrais do hidrogênio e estabelecido, empiricamente, uma relação com o modelo de Bohr. Bohr fez uma admirável unificação de áreas aparentemente distantes: a espectroscopia e a radioatividade, aproveitando a idéia de quantização de Planck para ilustrar, graficamente, as órbitas permitidas para o elétron em um átomo.

Para Bohr, escrever era uma experiência dolorosa:

"Um documento era iniciado, escrito e reescrito talvez uma dúzia de vezes. Em cada versão mudava uma frase aqui ou ali, esclarecia uma afirmação ou melhorava a definição de um conceito. No final, o documento era mandado para publicação. (...) Quando as provas voltavam eram praticamente reescritas,

ou para aumentar a precisão, ou porque lhe tinha ocorrido alguma idéia nova" (38: 130).

Bohr trocou correspondências com Rutherford, e quando da Dinamarca enviou-lhe o original de seu trabalho sobre os possíveis níveis de energia do elétron em um átomo, Rutherford julgou-o com méritos, mas objetou que na teoria de Bohr um elétron tinha de saber de antemão para que órbita iria saltar. É ainda Segrè que nos conta que Bohr embarcou imediatamente para Manchester e durante um dia inteiro defendeu seu artigo, linha por linha. Rutherford, que era mais velho e estava acostumado a dar ordens e a não ser contestado no mundo científico, surpreendeu-se com tamanha obstinação.

Einstein deu uma contribuição decisiva ao modelo quando, em 1917, introduziu o conceito de probabilidade. Após os trabalhos de Bohr, átomos e moléculas passaram a ser o centro da atenção dos físicos, tanto teóricos quanto experimentais. A espectroscopia deixou de ser algo empírico para ser explicada a partir do modelo de Bohr. Há vários experimentos que consagram o modelo: J. Franck e G. Hertz demonstraram a existência dos estados estacionários postulados por Bohr. W. Gerlach e O. Stern, em 1921, demonstraram a quantização no átomo. Dois holandeses, G. E. Uhlenbeck e S. A. Goudsmit, trabalhando em Leyden, mostraram que o elétron, considerado até então uma carga puntiforme,

me, tinha uma rotação. Mesmo que os estudos iniciais de Bohr fossem apenas para o átomo de hidrogênio, desde o começo se buscavam explicações para átomos com mais de um elétron. A. Sommerfeld (1868-1951) e W. Pauli (1900-1951) prestaram contribuições ao modelo, o que lhes valeu o Prêmio Nobel de Física em 1922.

Bohr e mesmo Einstein tinham consciência da fragilidade do modelo. Era necessário buscar novas saídas. A mecânica quântica oferecia excelente instrumental matemático que implicava uma revisão profunda do conceito básico de causalidade e determinismo em física. O primeiro cientista a dar um passo revolucionário nesse sentido foi um aristocrata francês, príncipe Louis de Broglie (1892-1986). Sua hipótese sobre o dualismo da matéria, que, assim como a luz, comporta-se como onda e partícula abriu um novo caminho para se pensar o elétron: a *onda-partícula*. Essa nova maneira de pensar o elétron ora como onda, ora como partícula revolucionava todas as concepções de modelos então existentes. Foi decisiva a contribuição de W. Heisenberg (1901-1976), que, em 1925, segundo se conta, propôs, depois de ler Heidegger, um modelo baseado na *incerteza* de se localizar, ao mesmo tempo, a posição e a velocidade de um elétron em um átomo, passando do conceito de *órbita definida* para o conceito probabilístico de *orbital*. No ano seguinte, E. Schrödinger (1877-1961) formulou a versão da mecânica

quântica e descobriu a equação que traz seu nome, um instrumental versátil e rico para explicar ainda mais a natureza da matéria. Com esses trabalhos pode-se descrever a fórmula provável dos diferentes *orbitais* de elétrons. Os mistérios são explicados, mas permanecem as dúvidas...

1932 foi um ano maravilhoso: o nêutron, o pósitron, o deutério e outras descobertas aconteceram então. O nêutron foi descoberto por um aluno e colega de Rutherford, J. Chadwick (1891-1974), considerado um dos maiores físicos nucleares do mundo. Essa descoberta foi básica para os posteriores desenvolvimentos da física nuclear, pois até 1930 se aceitava a hipótese de que o núcleo era composto de prótons e elétrons. Frederic e Irene Joliot-Curie estiveram também muito próximos da descoberta do nêutron e, posteriormente, descobriram a radioatividade artificial. O pósitron, prognosticado por P. Dirac em 1928, teve sua evidência confirmada por C. Anderson no Instituto de Tecnologia da Califórnia. O neutrino, cujas bases teóricas se anunciavam na mesma época, somente em 1956 teve uma prova experimental de sua existência. O físico japonês Hideki Yukawa propôs a existência de outra partícula, o méson, que agiria sob a forma de cola intranuclear. O méson, porém, mostrou ter duração não maior que um décimo de milionésimo de segundo. Apesar de sua natureza transitória, em 1947 o brasileiro César Lattes* teve evidências experimentais de sua

existência. Por exemplo, o bóson de Higgs é uma partícula hipotética que desempenha um papel fundamental nas teorias das partículas elementares. O nome "bóson" se refere ao físico indiano Bose, que propôs a estatística que governa o comportamento da partícula. A segunda parte do nome deve-se ao fato de o bóson ter sido previsto, teoricamente, pelo físico escocês P. Higgs. Novas partículas, ainda mais esotéricas, proliferavam, e os físicos buscavam unidades básicas ainda mais fundamentais; assim, três novas partículas (e suas acompanhantes antipartículas) foram chamadas de *quarks*¹, palavra tirada de um romance de James Joyce.

Há, na história da ciência, uma outra data que merece ser recordada. No dia 2 de dezembro de 1942, A. H. Compton fez uma comunicação telefônica a J. B. Cannant: "O navegador italiano chegou ao novo mundo". O navegador italiano era Enrico Fermi (1901-1954), Prêmio Nobel de Física em 1938, devido à produção de elementos artificiais por bombardeamento com nêutrons, realizada em Roma. Porém, em consequência do nazismo e do fascismo, Fermi era mais um dos muitos cientistas que tinham migrado para a América. O evento que Compton noticiava estava ocorrendo em uma quadra coberta de tênis, na Universidade de Chicago, onde Fermi provocava a primeira reação em cadeia auto-sustentada. Iniciava a *era atômica*... a marca de nosso século.

O mundo vivia uma de suas guerras mais cruéis. Uma das muitas discutíveis alternativas para impedir os avanços de Hitler seria usar as últimas descobertas nucleares contra ele. Os Estados Unidos reuniram, sob a direção de J. R. Oppenheimer, físico brilhante e uma das figuras mais discutidas da era atômica, um grupo selecionadíssimo: entre a velha-guarda estavam Bohr, Chadwick, Fermi, Von Neumann, e entre os jovens havia pelo menos seis futuros prêmios Nobel. A finalidade inicial foi atingida: no dia 16 de julho de 1945, no deserto de Alamogordo, explodiu a primeira bomba atômica. No agosto seguinte, em vez de um deserto, seria a vez de duas cidades japonesas: Hiroshima e Nagasaki... Alguns talvez acrescentem: *É aí a guerra terminou*...

Passada a guerra, o átomo continuou a ser ainda mais desvendado e o bombardeio de núcleos com partículas aceleradas conduziu à produção de elementos com número atômico maior que 92. Até então, esse era o maior número atômico de um elemento natural, o urânio. Esses novos elementos foram produzidos em sua maioria em Berkeley, na Califórnia, em instalações gigantes destinadas a acelerar as partículas que são atiradas dentro dos núcleos. Um dos maiores nomes desse empreendimento foi Ernest O. Lawrence (1901-1958).

Outro desenvolvimento científico importante, consequência da intensificação dos estudos da física

¹ Em abril de 1994 essas partículas tiveram seu prognóstico de então confirmado, completando-se mais um capítulo das propostas de um modelo para explicar a matéria.

atômica, foi o da física do estado sólido, cujo resultado prático mais significativo foi a descoberta dos semicondutores, dos quais a invenção do *transistor*, em 1948, é um marco na virada tecnológica. O transistor abriu caminho para descobertas mais recentes, como os onipresentes *chips*, o verdadeiro coração dos microcomputadores, que revolucionam nosso cotidiano.

Os grandes avanços que comentamos, e que na área da física produziram tantas inovações tecnológicas neste século, tiveram enorme influência em outras áreas da ciência, principalmente na química. O quanto a estrutura da matéria é conhecimento de interface da física e da química ficará mais evidente quando comentarmos os prêmios Nobel e virmos quantos laureados o assunto teve nessas duas ciências. É evidente, também, que esclarecimentos sobre a estrutura da matéria trouxeram significativos conhecimentos para os estudos moleculares. Somados a elas, os conhecimentos das ligações químicas adquiridos neste século permitiram a síntese de novos produtos. (Aqui é preciso recordar que, no princípio, químicos eminentes como W. Ostwald, laureado com o Prêmio Nobel em 1909, eram antiatomistas!) Entre os inúmeros indicadores que poderíamos trazer para visualizar esse progresso, poderíamos pensar nas grandes modificações que ocorreram no setor de embalagens. Procure informar-se de como eram embalados, ainda na primeira metade deste século, por exemplo, os ovos ou o leite. Da mesma maneira, poderíamos falar dos materiais empregados

no vestuário, na construção civil ou mesmo nos medicamentos.

A biologia neste século se aproximou cada vez mais da química, e a biologia molecular trouxe as mais significativas contribuições para explicar, preservar e prolongar a vida. Os estudos da *fotossíntese* contêm lances empolgantes da história da ciência, sendo esta uma das áreas mais laureadas com o Prêmio Nobel. A determinação da estrutura das proteínas, os estudos de moléculas como a insulina e a hemoglobina e o estabelecimento do código genético determinaram grandes conquistas. Os prêmios Nobel de Medicina e Fisiologia de 1959 e 1962 foram para descobertas que deram aos biólogos novos referenciais: a síntese do ácido ribonucleico (RNA) e do ácido desoxirribonucleico (DNA), que laureou em 1959 S. Ochoa e A. Kornberg, e a determinação da estrutura molecular do DNA e o seu significado na transmissão de informações em material vivo que propiciou um Prêmio Nobel polêmico a F. H. Crick, M. H. F. Wilkins e J. D. Watson. A grande maioria dos assuntos que receberam os prêmios Nobel de Medicina e Fisiologia na segunda metade deste século foram de bioquímica e/ou biologia molecular.

A astronomia fez também avanços muito grandes neste século, e com o advento de modernas tecnologias puderam ser construídos observatórios astronômicos que permitem *ver* e *ouvir* estrelas que estão em distâncias inimagináveis. É possível, por exemplo, transmitir fotografias a partir de distâncias de mais de 1,3 bilhão de quilômetros.

No último capítulo, ainda, faremos referências a essas fantásticas revoluções a que assistimos todos os dias, e que, às vezes, nos fazem pensar que vivemos num mundo de ficção científica, mas que é, verdadeiramente, uma realidade científica.

O ANALISTA DE NOSSO INCONSCIENTE



NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE / SPL-Stock Photos

Sigmund Freud, que trouxe uma nova dimensão para a ciência: a partir dele, passou-se a considerar tanto o consciente quanto o inconsciente nas ações e acontecimentos humanos.

Quando, ainda hoje, se discute se a psicanálise é uma ciência, pode parecer estranho que se abra, neste texto, um destaque para a vida e a obra de Sigmund Freud (1856-1939), e se deixe de mencionar tantos outros nomes de destaque das chamadas "ciências *hard*". Mesmo colocando a psicanálise entre as "ciências *soft*", desde o início tivemos a preocupação de entender como, ao longo dos tempos, o homem aprendeu a ver e compreender o universo e seu lugar nele. Vimos como a revolução copérnico-galilaica modificou a posição do homem no universo, e como, com o evolucionismo darwiniano, houve uma nova tomada de consciência do homem em relação às demais criaturas. A terceira grande virada, e talvez ainda não bem assimilada, é feita por Freud, abrindo novos caminhos à sociologia, à história, à religião e ao estudo da civilização em geral.

Hoje, por causa de Freud, as pessoas se vêem de uma maneira diferente. Há certos conceitos freudianos, como a influência do inconsciente sobre o consciente, a base sexual das neuroses, a existência e a importância da sexualidade infantil, a função dos sonhos, a repressão, a resistência, a transferência, que já fazem parte da cultura ocidental. O esquecimento de

nomes, de objetos ou compromissos ou o *lapsus linguae* ganham outras dimensões se considerados à luz das teorias freudianas. Assim, não é raro ouvirmos, de pessoas sem nenhuma formação em psicanálise, "Isto só Freud explica". Entretanto, se atualmente suas idéias se popularizaram, os preconceitos que Freud teve de enfrentar ao disseminar sua doutrina foram ainda mais intensos que os enfrentados por Copérnico ou por Darwin.

Freud nasceu em 1856, em Freiberg, Morávia. Era de uma família com antepassados rabinicos, como Marx. Aliás, é paradoxal que a cultura alemã, que sob o nazismo tanto ódio votou aos judeus, tenha produzido esta trindade judaica fundamental para os nossos tempos: Marx, Einstein e Freud. Aos quatro anos Freud foi com a família para Viena, Áustria. Aí passou praticamente toda a sua vida, só deixando a cidade em 1938, pouco mais de um ano antes de morrer, para se asilar em Londres. A Áustria fora ocupada pelos nazistas, e os judeus tiveram de fugir.

Em seus primeiros estudos sentiu-se fortemente atraído pelas teorias darwinianas, pois "elas ofereciam esperanças de um avanço extraordinário em nosso conhecimento do mundo". Entrou para a Universidade de Viena, tornando-se doutor em medicina em 1881. Especializou-se em neurologia e em anatomia cerebral. Em 1885 conseguiu uma bolsa de estudos e foi para Paris estudar com Jean Charcot, célebre patologista e neu-

rologista francês. Frequentou suas aulas na Salpêtrière, onde teve contato com os estudos sobre histeria e seu tratamento por meio da sugestão hipnótica. Ao retornar a Viena, Freud teve a oportunidade de conhecer as experiências de Breuer, mas não conseguiu persuadir seus colegas da base científica dos métodos hipnóticos para o tratamento das perturbações nervosas. Devido a suas idéias radicais, defendidas com convicção, foi excluído do Laboratório de Anatomia Cerebral. Afastado da vida acadêmica, tornou-se um pesquisador solitário, animado pelo mais rigoroso espírito científico. É com esse espírito que abandona o método hipnótico que anteriormente defendera, questionando os efeitos terapêuticos da sugestão ao se dar conta de sua eficácia efêmera na resolução dos sintomas apresentados por seus pacientes. Ao abandonar a sugestão hipnótica, encontrou o caminho para sua descoberta fundamental, a do inconsciente, e o papel da transferência na relação médico-paciente. A precisão de suas observações, a disposição em abandonar conceitos antes formulados, a coragem em contradizer-se e avançar, mesmo quando suas descobertas contrariavam valores morais próprios, são provas da exigência de seu espírito crítico, que o guiará até o fim da vida. Freud retomou a velha máxima de Sócrates, "Conhece-te a ti mesmo", e manteve uma busca que tinha como princípio mostrar aos homens as causas de suas crenças imaginárias e de seus medos e de-

sejos. Por outro lado, e esse é um de seus grandes méritos, não pretendeu construir uma "visão de mundo", no sentido de ser o portador de uma verdade, e sim abrir caminho, com seu método, para que cada um pudesse perguntar por suas próprias verdades.

A contribuição de Freud para a psiquiatria e a compreensão das doenças mentais é enorme. Até a consolidação de sua influência, a psiquiatria se ocupava exclusivamente de sintomas de insanidade, tais como a esquizofrenia e a psicose maníaco-depressiva, considerando como único recurso terapêutico o isolamento dos pacientes em manicômios, submetendo-os a eletrochoques, terapias medicamentosas e até mesmo, nos casos considerados crônicos, à lobotomia. Os homens ou eram normais, ou loucos. Freud mostrou que esses conflitos e sintomas não se restringiam aos pacientes psiquiátricos, pois também estavam presentes em pessoas bem-ajustadas, e que as neuroses não eram doenças no sentido consagrado do termo, mas sim estados psicológicos. Apesar das muitas resistências a essas idéias, atualmente boa parte das práticas psiquiátricas mais agressivas já foram abandonadas, havendo inclusive muitos setores da psiquiatria que se opõem ao confinamento dos pacientes em hospitais.

Esse médico vienense, baseado na escuta dos relatos de seus pacientes, assentou os alicerces da psicanálise. Foi um dos escritores científicos mais prolíficos deste sé-

culo. Entre suas obras, a mais importante, *A interpretação dos sonhos*, foi publicada em 1900 e representa o momento da descoberta do inconsciente, contendo as idéias fundamentais de Freud, posteriormente desenvolvidas em outras obras, bem como numerosos exemplos de sonhos analisados.

A menção do nome de Sigmund Freud neste nosso passeio pela história da ciência se justifica na medida em que

"tudo nos faz crer que, daqui a cem anos, Freud será classificado, ao lado de Copérnico e Newton, como um dos homens que abriram novas perspectivas ao pensamento. O certo é que, em nosso tempo, nenhum homem lançou tanta luz sobre as atividades da mente como Freud" (11: 222).

A CIÊNCIA DO SÉCULO XX E OS PRÊMIOS NOBEL

"O total da minha herança deverá ser dividido da seguinte maneira: o capital, investido em aplicações seguras por meus executores, constituirá um fundo, cujos juros serão anualmente distribuídos em forma de prêmios para aqueles que, no ano anterior, realizarem os maiores benefícios para a humanidade. Esses juros serão divididos em cinco partes iguais, que serão distribuídas da seguinte maneira: uma parte para a pessoa que fez a mais importante invenção no campo da física; uma parte para a pessoa que fez a mais importante in-

venção no campo da química; uma parte para a pessoa que fez a mais importante descoberta no campo da fisiologia ou medicina; uma parte para a pessoa que produziu no campo da literatura a mais destacada obra de tendência idealista; e uma parte para a pessoa que fez a maior ou a melhor obra pela fraternidade entre as nações, pela abolição dos atuais exércitos e pela realização ou promoção de congressos pela paz... É o meu desejo expresso que, na concessão dos prêmios, não seja dada nenhuma consideração à nacionalidade do candidato, mas sim que o mais válido receba o prêmio, seja ele escandinavo ou não." [Trecho do testamento de Alfred Nobel (1833-1890), inventor da dinamite, que, frustrado com seu invento, legou sua fortuna para a constituição do prêmio que leva seu nome.]

Em outubro de cada ano, alguns cientistas podem, quase repentinamente, tornar-se 1 milhão de dólares mais ricos. É quando são anunciados os prêmios Nobel. Os prêmios de Química e de Física são anunciados pela Academia Real de Ciências da Suécia, e o de Medicina e Fisiologia, pelo Instituto Karolinska, de Estocolmo. São os três prêmios de ciências. Há ainda distribuição de prêmios de Literatura, da Paz e, desde 1969, é também outorgado o Nobel de Economia, mediante a doação de um banco sueco. O prêmio consiste em uma medalha de ouro, um diploma com citação da condecoração e uma soma variável em dinheiro. Esta quantia tem aumentado muito nos últimos

anos. Até os anos 70 era inferior a 100 mil dólares, chegando, em 91, a 1 milhão de dólares para cada uma das seis categorias. O prêmio pode ser ganho individualmente ou repartido entre várias pessoas. A cerimônia solene de premiação ocorre sempre em 10 de dezembro — aniversário da morte de Nobel — em Estocolmo, na presença do rei, devendo o laureado discursar sobre a representatividade de sua contribuição para a humanidade. O Prêmio Nobel da Paz é escolhido pelo parlamento norueguês e entregue em Oslo.

O processo de escolha dos prêmios de Física e de Química pela Academia de Ciências da Suécia se inicia a partir de fevereiro, quando um comitê de cinco membros de cada uma das duas ciências estuda as candidaturas a partir das indicações recebidas, pedindo pareceres a especialistas de vários países e submetendo o(s) indicado(s) às respectivas comissões. As indicações provêm de um grupo muito seletivo, em geral catedráticos dos países escandinavos e uns poucos cientistas estrangeiros, geralmente já premiados. O Comitê do Nobel de Física tem enviado cerca de 1.600 pedidos de indicação, recebendo de volta cerca de quatrocentos, que costumam conter, repetidos, os nomes indicados. Abaixo-assinados e listas de apoio parecem não contar muito. A Comissão de Física é formada por 35 membros, e a de Química, por 25. Essas comissões recebem a proposta de seu comitê, podendo re-

cusá-la e escolher o vencedor. As comissões remetem sua indicação para a Academia Real, onde os 275 membros se reúnem em outubro para referendar e anunciar a escolha. O processo de escolha do prêmio de Medicina e Fisiologia, no Instituto Karolinska, é semelhante, embora não seja referenciado em plenário e a comissão tenha cinquenta membros.¹

Mesmo com todo esse processo, há, usualmente, críticas aos trabalhos premiados, e já houve prêmios polêmicos com arrependimento posterior, como por exemplo o Nobel de Medicina e Fisiologia concedido em 1949 ao português Abreu Freire Egas Moniz, pelo desenvolvimento da lobotomia (incisão no cérebro) no tratamento da esquizofrenia e da paranoia, considerado hoje um método bárbaro. Há casos em que uma proposta válida é rejeitada, e anos depois a injustiça é reparada. Em 1908 o comitê indicou Max Planck para o Nobel de Física, mas a comissão acabou optando pelo francês G. Lipmann, inventor da fotografia colorida. Planck foi premiado dez anos depois.

Outra situação que merece ser referida é a da premiação de Einstein, que foi laureado em 1922, não pela teoria da relatividade, que o fez mundialmente famoso, mas pela explicação teórica do efeito fotoe-

létrico, uma das primeiras comprovações da mecânica quântica. Nos anos seguintes à publicação de sua teoria da relatividade (1905) muitos acadêmicos sugeriram seu nome, mas diante da comunidade científica alemã Einstein era uma personalidade controversa: judeu, pacifista, defensor da república, situações que poderiam ameaçar as relações suco-germânicas. Para muitos físicos alemães, a teoria de Einstein era considerada parte de uma inspiração judaica, um engodo judeu para desmoralizar a física ariana. A premiação pelos estudos do efeito fotoelétrico se justifica, por tratar-se de tema menos polêmico.

Há ainda o caso de nomes que nunca foram premiados e que são considerados "injustiçados". Essa lista, mesmo que não muito grande, tem nomes de peso.

O químico russo Mendeleiev (1834-1907), um dos idealizadores da tabela periódica dos elementos, é um exemplo. É verdade que, no curto período de vida do genial Mendeleiev, os prêmios foram distribuídos a nomes também eminentes: 1901, J. H. van't Hoff, por suas leis da dinâmica química e da pressão osmótica em soluções; 1902, E. Fischer, síntese de açúcares e de purinas; 1903, S. Arrhenius, teoria da ionização; 1904, W. Ramsay, descoberta do hélio, neônio, xenônio e criptônio; 1905, A. von

Baeyer, descoberta dos corantes; 1906, H. Moissan, isolamento da fluorina e desenvolvimento do forno elétrico. Mendeleiev foi justamente homenageado ao ser dado o nome de mendelévio ao elemento número 101.

O francês P. Langevin* (1872-1946), que estabeleceu a moderna teoria do magnetismo e é o inventor do sonar, é considerado outro injustiçado. O físico-químico norte-americano, G. N. Lewis autor das mais importantes contribuições para a teoria das ligações químicas, também foi esquecido. Albert Sabin (1906-1993), inventor da vacina oral contra a poliomielite, se considerava muito satisfeito com todos os outros muitos prêmios que ganhou.

Mesmo que Nobel tenha feito a ressalva de não se considerar a nacionalidade do premiado, é inevitável que se estabeleçam competições entre nações, sendo que nestas os EUA têm mantido um significativo destaque. O total dos prêmios de Física, Química e Medicina está assim distribuído pelos países: EUA, 150; Grã-Bretanha, 65; Alemanha, 53; França, 23; Suécia, 13. Em outra computação se verifica que, nas categorias científicas, desde 1945, os EUA ganharam mais prêmios que todos os outros países do mundo juntos. Eis alguns dados, por continentes: EUA, 140, Canadá, 3 e restante da América, 2; Europa ocidental, 109, ex-URSS, 8, Tcheco-Eslováquia, 1; Japão, 5, restante da Ásia, 3; Austrália, 2; África do Sul, 1. Esse

quadro, que parece representar um discutível índice de superioridade científica, parece sujeito a alterações, já que atualmente o Japão destina uma parte maior de seu orçamento para a pesquisa, se comparado com os EUA. Essa desvantagem americana já se traduz no número de patentes concedidas nos últimos anos, com os EUA atrás não só dos japoneses, como também do conjunto da Europa ocidental.

No campo da matemática, essa comparação pode ser feita através do *ranking* das medalhas Field, que equivalem a um Nobel quadrienal outorgado a jovens matemáticos desde 1936: Europa ocidental, 16; EUA, 12; ex-URSS, 3; Japão, 2; Oceania, 1.

Ter um Prêmio Nobel no quadro de professores é considerado uma das melhores estratégias de marketing de universidades americanas. Amplamente divulgado em folhetos promocionais, atrai, além de prestígio, mais alunos e maiores facilidades na obtenção de verbas. Um Prêmio Nobel que goste de dar aulas, principalmente em turmas de calouros, nem que seja uma por semestre, é ainda um melhor atrativo. Há universidades que investem em um laureado, pagando-lhe altos salários, obtendo como retorno benefícios financeiros bem maiores para a instituição. O *saber* é uma moeda de alto valor no mundo capitalista.

Uma análise dos premiados das áreas científicas mostra a existência de *famílias* de premiados.

¹ Ao leitor que quiser conhecer mais sobre os bastidores que envolvem o processo de escolha dos laureados nas diferentes categorias, inclusive com as injunções políticas, recomendamos um excelente romance, *O prêmio*, de Irving WALLACE, com 844 páginas, escrito em 1962. Há uma edição em língua portuguesa do Circulo do Livro S.A. de São Paulo.

Essa genealogia chega a ocorrer no sentido literal do termo, como vimos no caso de uma das filhas de Pierre e Marie Curie (ambos premiados em Física, em 1903, juntamente com Becquerel, e posteriormente, em 1911, Prêmio de Química para Marie), Irene Curie, que ganhou, com o esposo Frederic Joliot-Curie, o Prêmio de Química, em 1935, pela descoberta da radioatividade artificial. A premiação de seus pais fora pela descoberta da radioatividade natural. O dinamarquês Aage Bohr, que recebeu, juntamente com os americanos J. Rainwater e B. Mottelson, o Prêmio de Física em 1975, é filho de Niels Bohr, Prêmio de Física em 1922; o prêmio do pai foi pelos estudos da estrutura do átomo e o do filho, pelos estudos sobre a estrutura do núcleo.

Ao lado dessas famílias há as *famílias científicas*, que podemos detectar em três ou até quatro gerações de discípulos que sucedem seus mestres. Por exemplo, em Química, I. Langmir (1932) foi aluno de W. Nernst (1920), por sua vez aluno de W. Ostwald (1909). E. Lawrence, Prêmio de Física em 1939, pela invenção do ciclotron, que permitiu a produção dos elementos transurânicos, teve quatro discípulos laureados, sendo três em Química: E. McMillan e G. T. Seaborg em 1951, também pela produção de elementos transurânicos, e W. Libbi, em 1960, pela descoberta do processo de datação com C^{14} ; em Física, em 1968, L. Alvarez, com um estudo de detecção de particu-

las subatômicas. Os exemplos de famílias científicas poderiam se estender, tamanhas são as relações entre os premiados.

Os casos de dupla premiação são apenas três: já nos referimos a Marie Curie, em Física e em Química. O norte-americano Linus Pauling recebeu o Prêmio de Química em 1954, por seus estudos sobre as ligações químicas, e da Paz, em 1962. O norte-americano John Bardeen ganhou duas vezes em Física (1956 e 1972), mas nas duas oportunidades repartiu com mais dois colegas: em 1956 pelo desenvolvimento do transistor e em 1972 por seus trabalhos em supercondutividade.

A análise das listas de laureados dos três prêmios de ciência oferece bons assuntos ao leitor que quiser fazer sua própria investigação sobre a ciência neste século. O recomendável é analisar uma determinada década e ver as interações que existem entre as três listas, verificando-se, por exemplo, que entre os premiados de Medicina e Fisiologia há muitos assuntos de bioquímica. Entre os Nobel de Química vamos verificar que as explicações para a reação da fotossíntese já foram mais de uma vez premiadas. Entre os de Física é incontestável a preferência pela física das partículas nucleares.

Acompanhar, a cada ano, os assuntos premiados permite uma apreciável atualização a respeito das pesquisas de ponta nas diferentes frentes da ciência. É verdade

que, muitas vezes, há assuntos que são premiados tardiamente, e nessas situações é interessante verificar por que determinado conhecimento levou tanto tempo para ser reconhecido.

* * *

Talvez o "Aleluia", que abriu este capítulo, ainda ressoe... Haverá, muito provavelmente, decepções, pois nesta etapa de nossa jornada, devem ter surgido entre os leitores interesses muito diferenciados, até em função da especialização... Afinal, a astronomia ou a biologia não foram adequadamente privilegiadas... Devo repetir que, mesmo na visão panorâmica deste texto, foi preciso fazer escolhas... Mas, agora, só resta um capítulo para nossas despedidas. Vamos até ele.

12 ... E AGORA, QUASE SÉCULO XXI

A ciência cansou-se de se identificar com o desencanto do mundo.

Quando chegamos ao último capítulo, cresce a sensação de que muita coisa foi deixada à margem na caminhada. Agora não dá para voltar. Na abertura, falamos no estilo de viagem pelo qual optaríamos. Há, com certeza, necessidade de novas e muito mais prolongadas viagens. Vimos como o homem acumulou o conhecimento durante os milênios que contemplamos. Imagine como seria uma aula de história da ciência em uma comunidade de joões-de-barro. Os alunos aprenderiam que as técnicas de construção de suas casas são as mesmas usadas pelos seus ancestrais dos séculos X ou XV ou XVIII. Isto é, a "transmissão de experiências" é feita, quase exclusivamente, pelo código genético. Neste capítulo, como no anterior, a opção é apenas por três momentos. No primeiro, alguns comentários sobre a ciência do povo, isto é, a ciência daqueles que não têm história. No segundo, uma pincelada sobre a história da ciência no Brasil. Como encerramento, duas

palavras sobre a não-verdade na ciência e a sua utilidade. Começamos a concluir

A CIÊNCIA DOS QUE NÃO TÊM HISTÓRIA: OS SABERES POPULARES

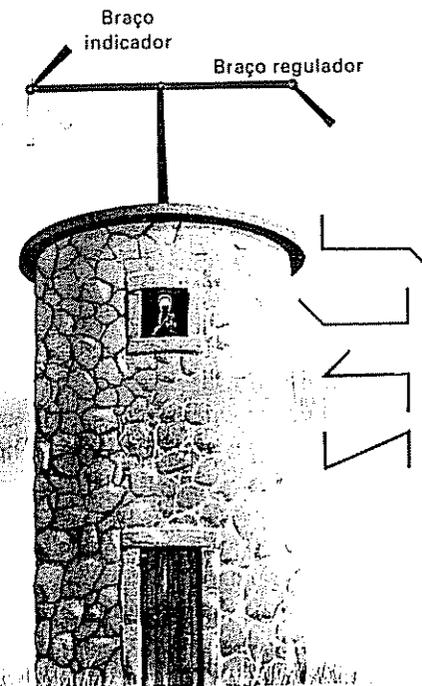
Toda a ciência referida nos capítulos anteriores tinha o *imprimatur* da Academia. Assim como uma doutrina só tem valor quando recebe a aprovação da Igreja, sendo inclusive exigido que qualquer escrito que verse sobre matéria de fé receba o seu visto para impressão, também a ciência só é considerada válida se referendada pela Academia, apresentada em um congresso científico ou publicada em uma revista, preferencialmente, internacional. As exigências da comunidade acadêmica são bem-conhecidas. Quanto mais asséptico, abstrato e matematizado um saber, mais crédito ele parece ter.

Vale, mais uma vez, a comparação da ciência com as verdades

religiosas. A religião, mesmo que se diga que é o elo de ligação do homem com Deus, às vezes não parece ligar o homem no mundo, pois, na sua assepsia, vê este mundo como um lugar sujo. Também a ciência sofre desse viés. Mesmo tirando o seu conhecimento (ou a explicação desse conhecimento) do mundo, trata de purificá-lo. Como a religião católica, que durante muito tempo usou em seus cultos uma língua que não era a do povo, também a ciência é hermética em sua linguagem: só os iniciados conseguem entendê-la

Existe, porém, uma gama de conhecimentos que não estão nos livros e que a Academia desconhece. Todos nós saberíamos enumerar práticas estranhas à universidade, transmitidas oralmente de geração a geração e conservadas pela tradição mesmo quando já contam com explicações científicas, ou mesmo outras que ainda não contam com a atenção da Academia. Por exemplo, observemos a produção de carvão vegetal realizada pelos carvoeiros: que cuidados eles tomam para que a madeira não se transforme em cinzas? como é controlada essa combustão incompleta? como evitam que, ao se aquecer, as

madeiras eliminem substâncias tóxicas que possam envenenar os produtores? Quantas operações químicas estão envolvidas nesta aparentemente simples prática de transformar madeira em carvão! A cozinheira, que antes de descascar cebola a coloca no congelador para prevenir que os produtos voláteis lhe irritem os olhos, conhece a teoria da pressão de vapor, ou estudou como se dá o arraste de vapores por correntes líquidas, quando opta por descascar a cebola próximo a um fluxo de água? Qual o conhecimento matemático do carpinteiro, quan-



O telégrafo óptico do francês Claude Chappe, criado em 1793. De torre em torre, e captadas por telescópio, as informações eram passadas cerca de 90 vezes mais rápido que mensageiros a cavalo. A ciência sempre ajudou na busca de velocidade para as comunicações.

do usa relações trigonométricas (que nem sempre um estudante de 2º grau conhece) para construir uma casa? Como um cortador de árvores da floresta sabe fazer a cubação da madeira, com cálculos que envolveriam o uso do valor de π ? Ou como um trabalhador rural faz a cubagem (cálculo de área) de uma terra que é um polígono irregular? Quais os conhecimentos de anatomia que possuem esses personagens tão presentes nas cidades do interior, os "arrumadores" ou "encanadores de ossos"? Quais são os conhecimentos de genética que possuem os que produzem diferentes variedades de orquídeas através de sofisticados processos de seleção de espécies?

Poderíamos alongar indefinidamente a listagem de inúmeras práticas científicas em diferentes áreas (e provavelmente a tentação seria a de colocar, pelo menos, aspas na palavra "científicas" ou substituí-la por "populares"). Na área da medicina elas são extensas e a Academia as reduz ao depreciativo rótulo de curandeirismo.

Agora a pergunta mais importante: como a Academia vê (ou não vê) esses saberes? Ela os prestigia, os desconhece, os despreza? E quando não sabe explicar um determinado saber? Por exemplo, no Rio Grande do Sul se diz que, quando os maricás florescem antes da festa de São José (19 de março), o inverno virá mais cedo e será rigoroso. A observação tem mostrado o acerto desse saber do meteorologista caboclo. Não sabendo explicá-lo,

torna-se mais fácil passá-lo para o rol dos mitos e crenças populares. Leia a frase de Feyerabend no final deste capítulo.

Uma outra interrogação é sobre o posicionamento da escola em relação a esses chamados "saberes populares". A escola prestigia e ensina o saber da Academia que ela não produz (e que muitas vezes lhe é estranho e não entende) e volta as costas para o saber popular, que está no próprio meio em que ela está inserida. Hoje há propostas de resgate dos saberes populares, inclusive como postura pedagógica (7: cap. 11).

E A HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO BRASIL?

O leitor, chegando ao último capítulo, talvez reclame a falta de uma análise da história das ciências no Brasil, até porque, entre as centenas de nomes anteriormente citados, apenas um era de um brasileiro, César Lattes. É verdade que, mesmo não tendo uma sólida tradição científica, nossa história não é assim tão reduzida. Como sugestão, para quem quiser fazer um mergulho na história das ciências no Brasil, há a excelente obra: Mário Guimarães FERRI & Shozo MOTYAMA (coord.), *História das ciências no Brasil*, São Paulo, EPU/Edusp. 1º vol., 1979, 392 p.; 2º vol., 1980, 470 p.; 3º vol., 1981, 470 p. Nesses três volumes, por exemplo, é possível conhecer a história dos

institutos de pesquisas no Brasil e, por extensão, da universidade, e a trajetória da física, da biologia, da matemática, da química, da filosofia, da bioquímica, das ciências agrícolas, da ecologia.

Nossa ciência é ainda a de um país de população em sua maioria pobre, mas as principais pesquisas de nossas universidades são de alta qualidade e usam rótulos de país rico, e raramente são dirigidas para aqueles que mereceriam ser beneficiados pelos resultados das investigações, pois até as sustentam com seus impostos. Muitas vezes se pesquisa a respiração das lagartixas, mas não se pesquisam alternativas alimentares para crianças que deixam de respirar porque morrem de fome. Ainda recentemente (julho de 1993) os jornais relatavam, quase simultaneamente: primeiro, os resultados de uma pesquisa na qual, após a análise de alguns eventos ocorridos nos últimos quarenta anos em praias brasileiras, se concluía quais os horários preferidos pelos tubarões para o ataque a banhistas; segundo, o ataque, por ratos famintos, a uma menina em uma favela da capital de um dos estados do sul do Brasil.

Há, aqui também, a questão: será que a ciência ajuda a aumentar o fosso entre países adiantados e países pobres? Os avanços tecnológicos, frutos da atividade científica, estão mais próximos daqueles que fazem a ciência, e esta é feita mais eficientemente onde a riqueza econômica alimenta/é alimentada pela pesquisa.

A CIÊNCIA NÃO TEM A VERDADE, MAS SIM VERDADES

Estamos chegando ao fim de nossa caminhada. Viemos de longe, mas não estamos mais próximos. Há algumas coisas importantes a comentar como encerramento. Olhamos um construir... e pode ter ficado a impressão, ao chegarmos ao final de um século, no qual a cada dia a ciência faz novas maravilhas, de que já deveríamos vislumbrar uma ciência pronta, acabada, completamente despojada das "falsas ciências", quase como um novo deus para um novo século. Paul Feyerabend, físico que atualmente é professor na Universidade de Berkeley, autor de inúmeras obras, entre as quais a comentadíssima *Contra o método*, destaca entretanto que "a distinção entre ciência e mito não é assim tão evidente" (27: 51).

Hoje dificilmente há quem não receba, ou não conheça, algo da ciência. Usualmente as pessoas buscam avaliá-la. Há pelo menos dois tipos de opinião muito difundidos sobre a ciência: uns a consideram como uma "força de progresso, fonte de benefício para a humanidade, como necessária e boa"; outros, em uma análise mais crítica, a vêem como "uma força de opressão, de destruição do homem e da natureza, como necessariamente perigosa e má" (3: 435).

Qual a posição correta? Provavelmente nenhuma das duas... pois vemos a ciência prolongando a vida, através de fabulosas con-

quistas da medicina, realizando assim um dos sonhos dos alquimistas na busca do "elixir da longa vida", e ao mesmo tempo se colocando como aliada dos poderosos na produção das horrendas armas químicas para as guerras em que se envolve o "civilizado" homem deste final de século.

Nesta caminhada que fizemos desejamos mostrar que hoje a ciência não se distingue pela aplicação rigorosa de um método científico único, formado por um corpo de regras que os cientistas aplicariam de modo uniforme, procurando validar teorias cada vez mais precisas. Não existe esse método único. Aquele que tiver a pretensão de agir, prescrever ou decidir em nome da verdade absoluta será um pensador mediocre. A ciência avança sem que se elabore uma metodologia única. A idéia de que, depois das sucessivas revoluções científicas, temos agora uma ciência que se edifica passo a passo não corresponde à verdade. Reviravoltas em teorias tidas como certas modificam, a cada momento, as exigências de novas maneiras de pensar em relação à ciência. Ilya Prigogine, Prêmio Nobel de Química em 1977 por contribuições à termodinâmica, diz: "Tivemos de abandonar a tranqüila quietude de já ter decifrado o mundo" (27: 51). Sabemos que não estamos sós na imensidão do universo, e, se a ciência clássica fez da natureza algo acabado e pronto, a ciência dos dias atuais, através de sua *escuta poética*, usando uma imagem de Prigogine, reintegrou o

homem ao universo que ele próprio observa. Antigamente, a ciência nos falava de leis eternas. Hoje, nos fala da história do universo ou da matéria.

São maravilhosas as realidades (que muitas vezes parecem fantasias) do mundo em que vivemos neste final de século: a instantaneidade das comunicações, por exemplo. Vimos que há menos de cem anos Paris se orgulhava de seu sistema de remessa de cartas por tubos pneumáticos, ou que há duzentos anos eram também os franceses que anunciavam que uma mensagem partida de Belleville podia ser decifrada, em Saint-Martin-du-Tertre, distante 35 km, onze minutos mais tarde. Hoje, quase instantaneamente, uma mensagem escrita pode estar no ponto mais distante do planeta, se enviada por fax ou correio eletrônico. Conhecemos as modificações na nossa maneira de viver, provocadas, por exemplo, pela crescente miniaturização dos sistemas de computação. Pense no tamanho de uma calculadora eletrônica da década de 70, comparado com o das atuais. Sabemos que há livros que, em vez do secular papel, são "impressos" em CD, com som e imagem. Hoje, por exemplo, novos produtos químicos são pesquisados, e os fumegantes tubos de ensaio, que sucederam as retortas dos alquimistas, são substituídos por computadores.

Este realmente é um mundo de transformações e nele o lugar da ciência é privilegiado, pois ela, seguindo ainda Prigogine,

"cessou de identificar-se com o desencanto do mundo. Neste período de transição, a ciência expressa nossas interrogações frente a um mundo mais complexo e mais inesperado do que poderia imaginar a ciência clássica. A ciência está se libertando dos laços ideológicos do século XVII europeu e procurando uma linguagem

mais universal, mais respeitosa de outras tradições e de outras problemáticas. Talvez nessa atmosfera renovada veremos (...) novas forças no encontro entre nossos saberes e nossos poderes. Mais do que nunca, a ciência aparece como um dos mais fascinantes diálogos que o homem já travou" (27: 59).

* * *

Os próximos capítulos, que não estão ainda neste livro, o leitor lerá nos acontecimentos a que assistimos e assistiremos em cada um dos próximos dias. E o último convite é para que admiremos o futuro ainda a testemunhar... Assistamos e vivamos esse futuro, que já começou e que sonhamos seja, também pela criteriosa aplicação dos conhecimentos da ciência, mais feliz.

GLOSSÁRIO

ARMILAR. Com *armila*, um dos círculos máximos ou paralelos de uma esfera que reproduz o modelo da esfera celeste, com seus meridianos e paralelos.

CÉSAR LATTES (Cesare Mansueto Giulio Lattes). Físico brasileiro nascido em Curitiba, em 1924, sendo um dos fundadores do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, do qual foi diretor. Em 1947, nos Andes bolivianos, juntamente com cientistas de outros países, verificou experimentalmente a existência dos mésons π , que se desintegravam num novo tipo de mésons μ . Em 1948, trabalhando na Universidade de Berkeley (Califórnia, EUA) conseguiu a produção artificial de mésons π . Realizou, ainda na década de 70, trabalhos com cientistas japoneses nos Andes bolivianos, vinculado ao Departamento de Geocronologia de Raios Cósmicos da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Em 1978 foi laureado pela OEA com o Prêmio Bernardo Houssay.

CONSTANTINÓPOLA. A partir do reinado de Diocleciano (284-304), foi necessária a presença de dois imperadores: um para o Ocidente e outro para o Oriente, para garantir o governo do Império Romano. Para localizar a capital do Império Romano do Oriente foi escolhida a antiga colônia grega de Bizâncio, que com o nome de Constantinópol (ou Constantinopla), por mais de um milênio (até 1453) foi a capital do Império Bizantino. Posteriormente, com o nome de Istambul, tornou-se a capital do Império Otomano.

DESCARTES, René (1596-1650). Nasceu na França de uma família nobre. Estudou com os jesuítas em La Flèche, onde foi aluno brilhante. Viajou muito, alistando-se nas tropas holandesas de Maurício de Nassau e, posteriormente, do imperador da Baviera. Retornando a Paris, estudou filosofia, procurando conciliar a nova ciência com o cristianismo. Para evitar problemas com a Inquisição, foi para a Holanda, onde estudou matemática e física. A convite da rainha Cristina, estabeleceu-se na corte sueca, onde morreu de pneumonia um ano depois. Escreveu muitas obras, sendo famoso seu *Discurso do método*. Entre suas afirmações famosas podemos citar: "Jamais devemos admitir alguma coisa

como verdadeira a não ser que a conheçamos evidentemente como tal. (...) A proposição 'Penso, logo existo' é a primeira e mais certa que se apresenta àquele que conduz seus pensamentos com ordem" (22: 68).

DIDEROT, Denis (1713-1784) Escritor e filósofo francês, homem de vasta cultura e de extraordinária capacidade de trabalho, notabilizou-se por ser o organizador da *Enciclopédia*. Assumiu a causa dos oprimidos, tornando-se um revolucionário. Afirmou que "só faltam ao povo luzes" (22: 72).

DISCO (ou PRISMA) DE NEWTON. Serviu para demonstrar que a luz branca do Sol se compõe de raios luminosos de todas as cores do arco-íris. Essa descoberta possibilitou a Newton construir o primeiro telescópio refletor.

EGIPTÓLOGO. Estudioso da cultura do Egito. Entre os mais famosos estão os dois irmãos Champollion: Jacques (1778-1867), dito Champollion-Figeac, que foi arqueólogo e publicou várias obras sobre o Egito, e Jean-François (1790-1832), dito Champollion o Jovem, que decifrou a famosa pedra de Roseta, permitindo a transliteração dos hieróglifos.

ENGELS, Friedrich (1820-1895). Filósofo alemão, principal colaborador de Marx, não foi só seu parceiro teórico, como seu amigo mais íntimo, tendo-o ajudado muito, inclusive financeiramente. Muitas obras de Marx são em co-autoria com Engels.

FLOGISTO ou FLOGÍSTICO ou FLOGISTON. Teoria onde se afirma que os metais são complexos que contêm o flogisto e o que resta depois de perdê-lo são seus derivados deflogisticados (que numa interpretação atual seriam seus óxidos, resultantes da combinação do metal com o oxigênio).

FUSÃO A FRIO DO HIDROGÊNIO. Como ocorre na bomba de hidrogênio — a partir de um processo eletrolítico, anunciado por Fleischmann e Pons, na Universidade de Utah, EUA, em março de 1989.

GNOSE. Na história das religiões, o termo refere-se às doutrinas heréticas dos primeiros séculos do cristianismo, onde se defendia a possibilidade de salvação religiosa pelo conhecimento intelectual, sem a intervenção da graça divina. Designa o conhecimento esotérico das coisas divinas, numa dimensão supra-religiosa.

HERÓDOTO. Historiador grego (484-420 a.C.). Suas *Histórias*, divididas em nove livros, são a fonte de consulta principal sobre os povos de sua região, pois são registros de pesquisas orientadas por um espírito muito observador. Heródoto é tradicionalmente designado como o "Pai da História".

HOLISMO. Doutrina que considera que a parte só pode ser compreendida a partir do todo, sustentando que o todo não é apenas a soma de suas partes, mas possui uma unidade orgânica (22: 122).

JOÃO XXII (Jacques d'Euse ou Duèse — (1245-1334). Papa de 1316 a 1334, era francês. Governou a Igreja em um período (1309-1376) em que a sede do papado estava em Avignon, França, tendo marcado sua gestão pela regularização e centralização das finanças da Igreja. Teve problemas particularmente com os franciscanos, que na época viviam uma disputa entre duas facções dentro da ordem. Deixou, entre suas obras, tratados de medicina.

KANT, Immanuel (1724-1804). Um dos filósofos mais importantes do Século das Luzes e provavelmente quem mais influenciou a filosofia ocidental moderna. Nasceu e viveu toda sua vida em Königsberg (então Prússia Oriental, Alemanha; hoje, Kaliningrado, Rússia). Foi aluno, professor e também reitor da Universidade de Königsberg. Escreveu muitas obras que passaram a ser balizadoras do modo de pensar filosófico: *Crítica da razão pura*, *A crítica da razão prática*, *Crítica da faculdade de julgar*, entre outras, que podem se resumir em quatro grandes questões: a) o que podemos fazer? b) o que devemos saber? c) o que temos direito de esperar? d) o que é o homem? É igualmente célebre sua obra *Pedagogia*, resultado de anotações de suas aulas, por um de seus assistentes e publicadas quando o grande filósofo já tinha oitenta anos.

KOYRÉ, Alexandre (1892-1964). Filósofo de origem russa que, após seguir cursos de Husserl e Hilbert em Göttingen (Alemanha), instalou-se em Paris, onde se ligou aos ensinamentos de Bergson e Brunschvicg. Após a sua tese de doutorado em filosofia (1929), orientou-se para a filosofia das ciências, sendo considerado um dos fundadores da epistemologia contemporânea. Suas obras, consagradas à gênese da ciência moderna, deram-lhe renome internacional. Em sua última, *Estudos do pensamento científico*, declara no seu prefácio: "Procurei analisar a Revolução Científica do século XVII, ao mesmo tempo fonte e resultado de uma profunda transformação espiritual que revolucionou não só o conteúdo, mas as próprias limitações do nosso pensamento. A substituição do cosmo finito e hierarquicamente ordenado do pensamento antigo e medieval por um universo infinito e homogêneo impõe a reformulação dos princípios básicos da razão filosófica e científica" (21: 144).

LANGEVIN, Paul (1872-1946). Trabalhou com Pierre Curie, chegando, independentemente de Einstein, às mesmas conclusões relativas à equivalência de massa e energia. Foi o primeiro não-britânico a ser admitido no Laboratório Cavendish, onde trabalhou com Rutherford. Esteve

envolvido em um caso amoroso com Marie Curie, quando esta já estava há cinco anos viúva, porém Langevin era casado. A imprensa francesa explorou muito o caso, prejudicando a ambos.

LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm (1646-1716). Grande filósofo e matemático alemão. Desenvolveu simultaneamente com Newton, e de maneira independente, o cálculo infinitesimal, tendo havido entre eles inclusive disputas por acusação de plágio. Mesmo tendo realizado trabalhos independentes, ambos o fizeram seguindo contribuições de um grande número de matemáticos. Por exemplo, Arquimedes tinha um método semelhante para calcular áreas e volumes, e Kepler desenvolveu uma solução para calcular o volume dos barris de sua adega. As divergências entre Newton e Leibniz foram marcadas, inclusive, pela notação utilizada para indicar a taxa de mudança de uma variável. Newton representava x com um ponto em cima e Leibniz usava a notação ainda consagrada dx/dt . Os ingleses por muito tempo mantiveram a notação newtoniana, enquanto o continente logo optou pela leibniziana. Às vezes seu nome é grafado Leibnitz.

LIVRO DE JOSUÉ. Tem esse nome não só porque Josué é o seu principal personagem, mas também porque, provavelmente, foi ele seu autor, depois do reinado de Davi (1012-972 a.C.), segundo consta na Bíblia Sagrada, Paulinas, 9ª edição, 1955. Eis, da mesma fonte, a transcrição dos versículos que tanta polêmica causaram: "Então Josué falou ao Senhor no dia em que entregou os Amorreus nas mãos dos filhos de Israel, e disse em presença deles: 'Sol, não te movas sobre Gabão, e tu Lua (não te movas) sobre o vale de Ajalão'. E o Sol e a Lua pararam até que o povo vingou seus inimigos. Não está no livro dos Justos? Parou, pois, o Sol no meio do céu, e não se apressou a pôr-se durante o longo espaço de um dia. Não houve antes, nem depois, um dia tão longo, obedecendo o Senhor à voz de um homem, e pelejando por Israel" (Livro de Josué, 10, 12-14).

LOCKE, John (1632-1704). Nasceu perto de Bristol, na Inglaterra. Estudou medicina e foi secretário político no Estado. Até os 38 anos não manifestou nenhuma vocação filosófica. Em 1670-71 seu pensamento tomou novo rumo. Opôs-se às idéias de Descartes e sua doutrina das idéias inatas, descrevendo como se formam nossas idéias a partir da experiência. É o empirismo contra o racionalismo cartesiano.

MAOMIÉ. Segundo o cientista norte-americano Michael Hart, na segunda edição atualizada e revisada de seu livro *The Hundred* (Londres, Simon & Schuster, 1993), é o primeiro na lista dos cem homens que mais influenciaram a humanidade em todos os tempos. Hart afirma que "Maomé foi o único homem na história que teve êxito completo tanto em termos religiosos como seculares. Fundou e promulgou uma das religiões mais importantes do mundo e foi líder político imensamente efe-

tivo". Os primeiros nomes que se seguem a Maomé nesta lista dos cem são: Newton, Jesus Cristo, Buda, Confúcio, São Paulo, Tsái Lun (um dos poucos desconhecidos: tido como o inventor do papel), Gutenberg, Cristóvão Colombo e Einstein. Alguns outros nomes citados (com a respectiva posição) são: Pasteur (11), Galileu (12), Aristóteles (13), Euclides (14), Darwin (16), Copérnico (19), Lavoisier (20), James Watt (22), Faraday (23), James Clerk Maxwell (24), Lutero (25), Karl Marx (27), Dalton (32), Platão (40), Locke (44), Heisenberg (46), Descartes (49), Santo Agostinho (54), Rutherford (56 — considerado na listagem o mais célebre cientista do século XX), Mendel (58), Max Planck (59), Freud (69), Röntgen (71), Kepler (75), Fermi (76), Maquiavel (79), Malthus (80), Francis Bacon (90).

MARTELO DAS FEITICEIRAS, O. Este livro foi editado no Brasil pela Editora Rosa dos Tempos, Rio de Janeiro (a 8ª edição é de 1991), com uma introdução histórica de Rose Marie Muraro e prefácio do psiquiatra e analista Carlos Byington

MARX Biografias e/ou estudos. KONDER, Leandro. *Marx: vida e obra* (1976); LENIN, V. I. *Karl Marx* (1913 [1960]); FAUSTO, Rui. *Marx, lógica e política* (1983); SINGER, Paul. *A contribuição de Marx para a economia moderna* (1968); BERNARDO, João. *Marx crítico de Marx* (1977); BERLIN, Isaiah. *Karl Marx: His Life and Environment* (1963); CORNU, Auguste. *Karl Marx et Friedrich Engels: leur vies et leur oeuvres*, 4 vol. (1958-1970); HOBBSBAWN, Eric. (org.) *História do marxismo*. vol. 1: O marxismo no tempo de Marx (1980).

MOSELEY, H. G. J. (1887-1915) Foi uma das grandes perdas da comunidade científica na Primeira Guerra Mundial. Morreu durante uma expedição inglesa em Dardanelos, com 27 anos. Sua descoberta do número atômico — um número inteiro que mede a carga positiva do núcleo — proporcionou esclarecimentos definitivos sobre o conceito de elemento químico.

NESTORIANO (CRISTÃO) Partidário de Nestório, patriarca de Constantinopla (428-431), que promoveu uma heresia, onde ensinava que em Jesus Cristo havia duas pessoas separadas: a divina, o *Logos*, e a humana, Jesus. Portanto, Maria não poderia ser considerada mãe de Deus. Embora os Concílios de Éfeso (431) e Calcedônia (451) tenham condenado esta doutrina, ela foi aceita pela Igreja persa, mantendo-se até hoje em algumas comunidades orientais reunidas sob o nome de *Igreja nestoriana*.

NOMES DE ELEMENTOS Outros cientistas estão imortalizados com nomes de elementos. 99: curium, homenagem aos Curie; 100: fermium,

Enrico Fermi; 102: nobelium, Alfred Nobel; 103: laurencium, Ernest Lawrence; 105: hahnium, Otto Hahn. Para o 104, há a proposta de "nielsbohrium", numa homenagem a Niels Bohr. Os elementos 87 e 98 chamam-se berquelium e californium, em homenagem à cidade e ao estado onde foram sintetizados.

PADRES DA IGREJA. Escritores cristãos do início da história da Igreja. Denomina-se *patristica* a história dos dogmas e da teologia dos Padres da Igreja, e *patrologia* o conhecimento da vida e das obras dos Padres da Igreja.

QUEDA DA MAÇÃ (A). É um episódio que teria sido inicialmente difundido pelo filósofo Voltaire (1694-1778). Embora negado por alguns, levou a Royal Society de Londres a incluir na sua coleção newtoniana um fragmento de uma macieira dos jardins da casa materna de Woolshorpe.

REVOLUÇÃO INDUSTRIAL NO SÉCULO XVIII (A). Do economista e historiador inglês Paul Mantoux (1877-1956), com 552 páginas, merece o qualificativo de "clássica". A obra original, publicada pela primeira vez em 1905, permanece insuperada como introdução ao tema e como referência obrigatória para todos os que pretendem conhecer as múltiplas e contraditórias determinações do processo da industrialização e da história do trabalho e da indústria. Há uma co-edição brasileira da Unesp/Hucitec.

SEFARDITA ou SEFARDIM ou SEFARADITA ou SEFARADIM. Judeu de procedência ou ascendência ibérica. A presença dos judeus na península remonta à conquista da mesma pelos romanos. Os árabes, religiosamente tolerantes, acolheram os judeus ibéricos expulsos pelos visigodos. Com a conquista da Espanha pelos árabes, os judeus se integraram, florescendo uma literatura hebraica. Com a reconquista cristã da Espanha, os judeus foram muito perseguidos; ou aceitavam o batismo compulsório (cristãos novos) ou eram expulsos. Países protestantes, como a Holanda, e muçulmanos, como a Turquia, os acolheram. Com a colonização holandesa no Brasil, muitos sefarditas vieram para cá, tendo alguns sido professores no Nordeste. Os sefarditas falavam um dialeto, o latino, muito semelhante ao espanhol. O outro grupo de judeus, que são a maioria (cerca de 90% na região sul do Brasil), os ashkenazi, são originários da Europa Central e falavam *üdishe*, dialeto com forte influência do alemão e do hebraico.

TORRICELLI, Evangelista (1608-1647). Imortalizado na ciência pelo seu barômetro onde a pressão atmosférica é medida através de uma coluna de mercúrio. 760 mmHg = 1 atm = 1 torr.

BIBLIOGRAFIA

1. AGUILAR, S. C. *Origen y desarrollo de la química*. Zaragoza, Universidad de Zaragoza, 1983.
2. ALFONSO-GOLDFARB, A. M. *Da alquimia à química*. São Paulo, Nova Stella/Edusp, 1987.
3. ANDERY, M. A. et alii. *Para compreender a ciência; uma perspectiva histórica*. Rio de Janeiro/São Paulo, Espaço e Tempo/Educ, 1988.
4. ARANHA, M. L. de A. & MARTINS, M. H. P. *Filosofando; introdução à filosofia*. 2. ed. São Paulo, Moderna, 1993.
5. BARNETT, L. *O universo e o dr. Einstein*. Rio de Janeiro, Melhoramentos, s. d.
6. BOHR, N. *Sobre a constituição de átomos e moléculas*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1969.
7. CHASSOT, A. I. *A educação no ensino de química*. Ijuí, Editora Unijuí, 1990.
8. _____. *Catalisando transformações na educação química*. Ijuí, Editora Unijuí, 1993.
9. CURIE, E. *Madame Curie*. Rio de Janeiro, Biblioteca de Seleções do Reader's Digest, 1962.
10. DAMPIER, W. C. *Historia de la ciencia y sus relaciones con la filosofía y la religión*. Madrid, Tecnos, 1986.
11. DOVNS, N. B. *Livros que revolucionaram o mundo*. Porto Alegre, Globo, 1977.
12. ENGELS, F. *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre*. Buenos Aires, Editorial Ateneo, 1973.
13. FEYERABEND, P. *Contra o método; esboço de uma teoria anarquista do conhecimento*. Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1985.

14. FOLLET, K. *Os pilares da terra*. São Paulo, Circulo do Livro, 1992. 2 vol.
15. FRAZER, J. G. *Mitos sobre el origen del fuego*. Barcelona, Editorial Alta Fulla, 1986.
16. FREIRE-MAIA, N. *A ciência por dentro*. Petrópolis, Vozes, 1991.
17. GALILEU, Galilei. *Dois novas ciências*. São Paulo, Nova Stella/Istituto Italiano di Cultura, 1988.
18. GARCIA-MORENTE, M. *Fundamentos de filosofia*. São Paulo, Mestre Jou, 1966.
19. GOULD, S. J. "Revolução francesa executou o cidadão Lavoisier, mas não o pai da química moderna". *Folha de S. Paulo* (Caderno Ciência), 1º-11-1991.
20. GOUPIL, M. "La chimie à recherche de son identité". *L'Actualité Chimique*. Janvier-Fevrier, 1987.
21. JAPIASSU, H. *As paixões da ciência*. São Paulo, Letras & Letras, 1991.
22. JAPIASSU, H. & MARCONDES, D. *Dicionário básico de filosofia*. São Paulo, Jorge Zahar Editor, 1990.
23. KONDER, L. *O que é dialética?* São Paulo, Brasiliense, Coleção Primeiros Passos, vol. 23.
24. KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo, Perspectiva, 1991.
25. LADRIÈRE, Jean. *Filosofia e práxis científica*. Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1978.
26. LE MONDE. *A sociedade*. (Entrevistas diversas). São Paulo, Ática, 1989a.
27. _____. *Idéias contemporâneas*. (Entrevistas diversas). São Paulo, Ática, 1989b.
28. MANTOUX, P. *A Revolução Industrial no século XVIII*. São Paulo, Editora Unesp/Hucitec, 1992.
29. MARTINS, A. da C. "Da 'École Paroissiale' 1654 ao 'Guide des écoles' 1853". *Veritas*, 35, 137, mar. 1990.
30. PAUWELS, L. & BERGIER, J. *O despertar dos mágicos*. São Paulo, Difusão Européia do Livro, 1968.
31. PONCE, A. *Educação e lutas de classes*. São Paulo, Cortez/Autores Associados, 1986.

32. PRIGOGINE, I. & STENGERS, I. *A nova aliança*. Brasília, Editora da Universidade de Brasília, 1984.
33. REDONDI, P. *Galileu, o herético*. São Paulo, Companhia das Letras, 1990.
34. REID, R. *Marie Curie*. Barcelona, Salvat Editores, 1982.
35. RONAN, C. *História ilustrada das ciências*; da Universidade de Cambridge. São Paulo, Circulo do Livro, 1989, 4 vol.
36. ROSSI, P. *A ciência e a filosofia dos modernos*. São Paulo, Editora Unesp/Istituto Italiano di Cultura, 1992.
37. SCIENTIFIC AMERICAN. *A nova química*. São Paulo, Ibrasa, 1960.
38. SEGRÈ, E. G. *Dos raios X aos quarks*. Brasília, Editora da Universidade de Brasília, 1980.
39. STENGERS, I. *Quem tem medo da ciência?* São Paulo, Siciliano, 1990.
40. TATON, R. (org.). *História geral das ciências*. São Paulo, Difusão Européia do Livro, 1959, 7 vol.
41. TOMPKINS, P. & BIRD, C. *A maravilhosa vida das plantas*. Rio de Janeiro, Expressão e Cultura, 1985.
42. TOSI, L. "Lavoisier: Uma revolução na química". *Química Nova*, 12, (1), 1989.
43. VERGER, J. *As universidades na Idade Média*. São Paulo, Editora Unesp, 1990.
44. WILSON, E. *Rumo à Estação Finlândia*. São Paulo, Companhia das Letras, 1987.