

FUNDAÇÃO EDITORA DA UNESP
Presidente do Conselho Curador
Herman Jacobus Cornelis Voorwald

Diretor-Presidente

José Castilho Marques Neto

Editor-Executivo

Jézio Hernani Bomfim Gutierre

Conselho Editorial Acadêmico

Alberto Tsuyoshi Ikeda

Áureo Busetto

Célia Aparecida Ferreira Tolentino

Eda Maria Góes

Elisabete Maniglia

Elisabeth Criscuolo Urbinati

Ildeberto Muniz de Almeida

Maria de Lourdes Ortiz Gandini Baldan

Nilson Ghirardello

Vicente Pleitez

Editores-Assistentes

Anderson Nobara

Henrique Zanardi

Jorge Pereira Filho

BRUNO LATOUR

CIÊNCIA EM AÇÃO

COMO SEGUIR CIENTISTAS

E ENGENHEIROS

SOCIEDADE AFORA

Tradução

Ivone C. Benedetti

Revisão de tradução

Jesus de Paula Assis



editora
unesp

INTRODUÇÃO

ABRINDO A CAIXA-PRETA DE PANDORA

Cena 1: Numa manhã fria e ensolarada de outubro de 1985, John Whittaker entra em seu gabinete do prédio de biologia molecular do Instituto Pasteur em Paris e liga seu computador Eclipse MV/8000. Alguns segundos depois de carregar os programas especiais por ele concebidos, brilha na tela uma imagem tridimensional da dupla hélice de DNA. John é cientista da computação, convidado pelo instituto para trabalhar na criação de programas capazes de produzir imagens tridimensionais das hélices de DNA e relacioná-las com as milhares de novas sequências de ácido nucleico despejadas todos os anos em revistas e bancos de dados. “Bela figura, hein?”, diz seu chefe, Pierre, que acaba de entrar no gabinete. “É... boa máquina também”, responde John.

Cena 2: Em 1951, no laboratório Cavendish, em Cambridge, Inglaterra, as fotos do ácido desoxirribonucleico cristalizado, obtidas por raio X, não eram uma “bela figura” numa tela de computador. Os dois jovens pesquisadores, Jim Watson e Francis Crick,¹ tinham dado duro para obtê-las de Maurice Wilkins e Rosalind Franklin, em Londres. Era impossível ainda definir se a forma do ácido era

¹ Sigo aqui o relato de Watson (1968).

de hélice tripla ou dupla, se as pontes de fosfato ficavam dentro ou fora da molécula, ou até mesmo se a coisa era de fato uma hélice. Isso não importava muito para o chefe deles, Sir Lawrence Bragg, uma vez que os dois nem deveriam estar trabalhando no DNA, mas para eles era muito importante, especialmente depois de ouvirem dizer que Linus Pauling, o famoso químico, estava prestes a revelar, em poucos meses, a estrutura do DNA.

Cena 3: Em 1980, num prédio da Data General, Route 495, Westborough, Massachusetts, Tom West² e sua equipe ainda estão tentando corrigir um primeiro protótipo de uma nova máquina apelidada Eagle, que a companhia não havia de início planejado construir, mas que estava começando a despertar o interesse do departamento de marketing. Contudo, o programa de depuração do sistema estava com um ano de atraso. Além disso, a escolha feita por West, de usar os novos *chips* PAL, atrasava ainda mais a máquina — rebatizada de Eclipse MV/8000 —, pois ninguém sabia ao certo, na época, se a empresa fabricante dos *chips* teria condições de entregá-los de imediato. Enquanto isso, seu principal concorrente, a DEC, estava vendendo muitos do seu VAX 11/780, o que aumentava a distância entre as duas empresas.

(1) Procurando uma entrada

Por onde podemos começar um estudo sobre ciência e tecnologia? A escolha de uma porta de entrada depende crucialmente da escolha do momento certo. Em 1985, em Paris, John Whittaker consegue “belas figuras” do DNA numa “boa máquina”. Em 1951, em Cambridge, Watson e Crick estão lutando para definir uma forma para o DNA que seja compatível com as imagens que tinham visto de relance no gabinete de Wilkins. Em 1980, no subsolo de

um prédio, outra equipe de pesquisadores está brigando para pôr um novo computador em funcionamento e alcançar a DEC. Qual o significado desses *flashbacks*, para usar um jargão do mundo do cinema? Eles nos levam de volta no tempo e no espaço.

Quando usamos essa máquina do tempo, o DNA deixa de ter uma forma característica passível de ser mostrada numa tela por programas de computador. Quanto aos computadores, eles nem sequer existem. Ainda não estão “chovendo” centenas de sequências de ácido nucleico a cada ano. Nenhuma sequer é conhecida, e até a noção de sequência é duvidosa, uma vez que na época muita gente ainda não sabe com certeza se o DNA desempenha algum papel importante na transmissão de material genético de uma geração para outra. Já por duas vezes Watson e Crick haviam anunciado com orgulho a resolução do enigma, e nas duas vezes o seu modelo tinha dado em nada. Quanto à “boa máquina” Eagle, o *flashback* nos leva de volta a um momento em que ela ainda não consegue executar programa algum. Em vez de peça comum do equipamento, que John Whittaker pode ligar quando quiser, ela não passa de uma montagem desorganizada de cabos e *chips* monitorada por outros dois computadores e rodeada por dezenas de engenheiros que tentam fazê-la funcionar de modo confiável por mais de alguns segundos. Ninguém da equipe sabe ainda se aquele projeto por acaso não vai ser outro malogro completo, como o computador EGO, no qual haviam trabalhado durante anos e que, conforme diziam, fora assassinado pela gerência.

No projeto de pesquisa de Whittaker muitas coisas ainda permaneceram em aberto. Ele não sabe por quanto tempo vai ficar ali, se sua bolsa vai ser renovada, se algum programa seu poderá lidar com milhões de pares de bases e compará-las de alguma forma biologicamente significativa. Mas há pelo menos dois elementos que não lhes criam problemas: a forma de dupla hélice do DNA e seu computador da Data General. Aquilo que para Watson e Crick representou o foco problemático de um feroz desafio, valendo-lhes então um prêmio Nobel, agora constitui o dogma básico de seu programa, embutido em milhares de linhas de sua listagem. É a máquina que fez a equipe

² Sigo aqui o livro de Kidder (1981) que, como o de Watson, é leitura obrigatória para todos os que se interessam pelo processo de construção da ciência.

de West trabalhar dia e noite durante anos a fio agora zune mansamente naquele escritório, sem criar mais problemas que qualquer outra peça do seu mobiliário. Para maior garantia, o encarregado de manutenção da Data General dá uma passadinha por lá toda semana para acertar alguns probleminhas, mas nem ele nem John precisam vistoriar todo o computador de novo e forçar a companhia a desenvolver uma nova linha de produtos. Whittaker também está bem consciente dos muitos problemas que rondam o Dogma Básico da biologia (Crick, agora um idoso cavalheiro, deu uma conferência sobre o assunto no Instituto há algumas semanas) mas nem John nem seu chefe precisam repensar inteiramente a forma da dupla hélice ou estabelecer um novo dogma.

A expressão *caixa-preta* é usada em cibernética sempre que uma máquina ou um conjunto de comandos se revela complexo demais. Em seu lugar, é desenhada uma caixinha preta, a respeito da qual não é preciso saber nada, a não ser o que nela entra e o que dela sai. Para John Whittaker, a dupla hélice e aquela máquina são duas caixas-pretas. Ou seja, por mais controvertida que seja sua história, por mais complexo que seja seu funcionamento interno, por maior que seja a rede comercial ou acadêmica para a sua implementação, a única coisa que conta é o que se põe nela e o que dela se tira. Ao se ligar o Eclipse, ele executa os programas que ali foram postos; quando alguém compara as sequências do ácido nucleico, começa pela dupla hélice.

O *flashback* que nos levou de outubro de 1985, em Paris, ao outono de 1951, em Cambridge, ou a dezembro de 1980, em Westborough, Massachusetts, apresenta dois quadros completamente diferentes de cada um desses dois objetos: um fato científico – a dupla hélice – e um artefato técnico – o minicomputador Eagle. No primeiro quadro, John Whittaker usa duas caixas-pretas porque elas não apresentam problemas e são seguras; durante o *flashback*, as caixas são reabertas e iluminadas por forte luz colorida. No primeiro quadro, não é mais preciso decidir onde pôr o esqueleto de fosfato da dupla hélice; ele está logo ali, do lado de fora; não há mais nenhum bate-boca para decidir se o Eclipse deve ser uma máquina

de 32 bits totalmente compatível, já que ela é simplesmente ligada a outros computadores NOVA. Durante os *flashbacks*, muitas pessoas acabam reingressando no quadro, várias delas apostando a carreira nas decisões que tomam: Rosalind Franklin decide rejeitar o método, escolhido por Jim e Francis, de construção de um modelo e, em lugar disso, concentrar-se na cristalografia básica com raios X, para obter melhores fotografias; West decide construir uma máquina compatível de 32 bits, mesmo que isso signifique montar uma “amostra” desengonçada, como dizem eles com desdém, e perder alguns dos melhores engenheiros, que simplesmente querem projetar uma máquina completamente nova.

No Instituto Pasteur, John Whittaker não está assumindo grandes riscos ao acreditar na forma tridimensional da dupla hélice ou ao executar seu programa no Eclipse. Essas agora são opções de rotina. Os riscos que ele e o chefe assumem são outros, estão naquele gigantesco programa de comparação de todos os pares de bases gerados pelos biólogos moleculares do mundo inteiro. Mas se voltarmos para Cambridge, trinta anos atrás, em quem deveríamos acreditar? Em Rosalind Franklin, que afirma haver uma hélice de três fitas? Em Bragg, que manda Watson e Crick desistirem daquele trabalho sem esperança e voltarem a tratar de assuntos sérios? Em Pauling, o maior químico do mundo, que revela uma estrutura que infringe todas as leis conhecidas da química? A mesma incerteza surge em Westborough alguns anos atrás. Será que West deve obedecer ao chefe, de Castro, quando este lhe pede explicitamente que não faça um novo projeto de pesquisa ali, pois todo o setor de pesquisa da companhia estava se mudando para a Carolina do Norte? Por quanto tempo West deve ficar fingindo que não está trabalhando num novo computador? Ele deve acreditar nos especialistas de marketing, quando estes dizem que todos os clientes querem uma máquina totalmente compatível (na qual possam reutilizar o antigo software), em vez de fazer, como a concorrente DEC, uma máquina “culturalmente compatível” (na qual não possam reutilizar seu software, mas apenas os comandos mais básicos)? Que confiança ele deveria ter em sua antiga equipe, “queimada” pelo malogro do projeto EGO?

Ele deve correr o risco e usar os novos *chips* PAL em vez dos mais antigos, porém mais seguros?

Ciência pronta



Ciência em construção

FIGURA 1

Incerteza, trabalho, decisões, concorrência, controvérsias, é isso o que vemos quando fazemos um *flashback* das caixas-pretas certas, frias, indubitáveis para o seu passado recente. Se tomarmos duas imagens, uma das caixas-pretas e outra das controvérsias em aberto, veremos que são absolutamente diferentes. São tão diferentes quanto as duas faces, uma vivaz e outra severa, de Jano *bifronte*. “Ciência em construção”, a da direita; “ciência pronta” ou “ciência acabada”, a da esquerda; essa é Jano bifronte, a primeira personagem a nos saudar no começo de nossa jornada.

No gabinete de John, as duas caixas-pretas não podem e não devem ser reabertas. Assim como ocorria com as duas tarefas controvérsias em andamento em Cavendish e Westborough, elas ficam abertas enquanto os cientistas trabalham. A impossível tarefa de abrir a caixa-preta se torna exequível (se não fácil) quando nos movimentamos no tempo e no espaço até encontrarmos o nó da questão, o tópico no qual cientistas e engenheiros trabalham arduamente. Essa é a primeira decisão que temos de tomar: nossa entrada no mundo da ciência e da tecnologia será pela porta de trás, a da ciência em construção, e não pela entrada mais grandiosa da ciência acabada.

Agora que o caminho de entrada já foi decidido, com que tipo de conhecimento deveremos estar previamente equipados antes de

ingressar no mundo da ciência e da tecnologia? No gabinete de John Whittaker, o modelo de dupla hélice e o computador nada têm a ver com o restante de suas preocupações. Eles não interferem no seu estado psicológico, nos problemas financeiros do instituto, nas grandes subvenções que seu chefe está pleiteando ou na luta política em que todos estão empenhados para criar, na França, um grande banco de dados para a biologia molecular. Estão simplesmente parados ali ao fundo, com um conteúdo técnico ou científico que nada tem a ver com a bagunça em que John está imerso. Se ele quiser saber alguma coisa sobre a estrutura do DNA ou sobre o Eclipse, é só abrir o livro *Biologia molecular do gene* ou o *Manual do usuário*, que estão ali na estante. No entanto, se voltarmos a Westborough ou a Cambridge, desaparecerá essa nítida distinção entre contexto e conteúdo.

Cena 4: Tom West entra sorridente no subsolo de um prédio no qual um amigo o introduzira à noite para examinar um computador VAX. West começa puxando para fora as placas de circuito impresso para analisar o concorrente. Mesmo naquela primeira análise, ele funde cálculos técnicos e econômicos com decisões estratégicas já tomadas. Depois de algumas horas, está mais tranquilo.

“Fazia um ano que eu vivia com medo do VAX” – disse West depois... “Acho que fiquei animado quando olhei e vi como ele era complexo e caro. Aquilo me tranquilizou quanto a algumas das decisões que havíamos tomado”.

A seguir, sua avaliação fica mais complexa, passando a incluir características sociais, de estilo e de organização da companhia:

Olhando o VAX por dentro, West imaginava estar vendo um organograma da DEC. Achava o VAX complicado demais. Por exemplo, não gostava do sistema por meio do qual várias partes da máquina se intercomunicavam; para seu gosto, aquilo tudo era protocolar demais. Chegou à conclusão de que o VAX encarnava os vícios daquela sociedade anônima. A máquina expressava o estilo

cauteloso e burocrático daquela companhia fenomenalmente bem-sucedida. Seria isso mesmo? West disse que aquilo não vinha ao caso, que não passava de teoria útil. Mais tarde, reformulou suas opiniões. "Com o VAX, a DEC estava tentando minimizar riscos", disse ele enquanto dava uma guinada para desviar de outro carro. Depois, com um sorriso largo, continuou: "Nós estávamos tentando maximizar ganhos e fazer o Eagle andar rápido e rasteiro" (Kidder, op. cit., p.36)

Essa avaliação heterogênea da concorrente não é um episódio secundário da história; é o momento crucial em que West conclui que, apesar do atraso de dois anos, da oposição do pessoal da Carolina do Norte, do malogro do projeto EGO, eles ainda podiam fazer o Eagle funcionar. "Organograma", "gosto", "protocolar", "burocracia" e "minimizar riscos" não são termos técnicos comumente usados para descrever um *chip*. Isso, porém, só é verdade quando o *chip* é uma caixa-preta vendida aos consumidores. Ao ser submetido ao exame de um concorrente, como o de West, todas essas palavras extravagantes se tornam parte integrante da técnica de avaliação. Contexto e conteúdo se confundem.

Cena 5: Jim Watson e Francis Crick conseguem uma cópia do texto que revela a estrutura do DNA, escrito por Linus Pauling e trazido até eles por seu filho:

Quando Peter entrou, seu rosto deixava transparecer que havia algo importante; senti um frio no estômago quando o ouvi dizer que estava tudo perdido. Percebendo que nem Francis nem eu aguentaríamos mais nenhum suspense, ele foi logo dizendo que o modelo era de hélice com três cadeias, com o esqueleto de fosfato no centro. Aquilo lembrava tanto a nossa tentativa gorada do ano anterior que imediatamente me pus a pensar se já não poderíamos ter ganhado o crédito e a glória de uma grande descoberta se Bragg não nos tivesse detido. (Watson, op. cit., p.102)

Será que Bragg os fizera mesmo perder uma grande descoberta, ou teria sido Linus quem perdera uma boa oportunidade de ficar calado? Francis e Jim correram para examinar o artigo e ver se o esqueleto de açúcar-fosfato era suficientemente forte para manter toda a estrutura unida. Para espanto deles, as três cadeias descritas por Pauling não tinham átomos de hidrogênio que unissem as três fitas. Sem estes, se é que eles sabiam química, a estrutura imediatamente se desagregaria.

De algum modo Linus, sem dúvida o químico mais perspicaz do mundo, chegara à conclusão oposta. Enquanto Francis também se espantava com a química nada ortodoxa de Pauling, eu começava a respirar mais aliviado. Agora eu sabia que ainda estávamos na jogada. Nenhum de nós dois, porém, tinha a menor ideia das etapas que haviam levado Linus àquela asneira. Se um estudante tivesse cometido erro semelhante, teria sido considerado inapto para receber uma bolsa da faculdade de química do Cal Tech.³ Mesmo assim, logo de cara só podíamos ficar preocupados com a possibilidade de que o modelo de Linus talvez derivasse de uma reavaliação revolucionária das propriedades ácido-básicas de moléculas muito grandes. O tom do artigo, porém, desmentia a possibilidade de tal avanço na teoria química (ibid., p.103).

Para saberem se ainda estão na jogada, Watson e Crick precisam avaliar simultaneamente a reputação de Linus Pauling, a química vigente, o tom do artigo e o nível dos alunos do Cal Tech; precisam saber se está ocorrendo alguma revolução – e, nesse caso, eles já estão fora –, ou se foi cometido um erro crassíssimo – e, nesse caso, eles precisam se apressar ainda mais, porque Pauling não demoraria a percebê-lo:

Quando o erro fosse descoberto, Linus não descansaria enquanto não atinasse com a estrutura correta. Naquele momento, nossa

3. California Institute of Technology. (N. T.)

esperança era de que seus colegas químicos estivessem mais do que nunca boquiabertos diante de seu intelecto e não devassassem os detalhes do modelo. Mas, como já tinha sido despachado para a National Academy, até meados de março, no máximo, o artigo de Linus estaria espalhado pelo mundo todo. Então seria apenas uma questão de dias até que o erro fosse descoberto. Em todo caso, nós tínhamos no máximo seis semanas até que Linus estivesse de novo investindo todo o seu tempo na busca do DNA (ibid., p.104).

“Suspense”, “jogada”, “tom”, “prazo de publicação”, “boquiaberto”, “seis semanas no máximo” não são termos comumente usados para descrever a estrutura de uma molécula. Pelo menos quando essa estrutura é conhecida e aprendida na escola. No entanto, quando ela está sendo devassada por um concorrente, essas palavras extravagantes são parte integrante dessa mesma estrutura química que está sendo investigada. Mais uma vez, contexto e conteúdo se confundem.

O equipamento necessário para viajar pela ciência e pela tecnologia é, ao mesmo tempo, leve e variado. Variado porque é preciso misturar pontes de hidrogênio com prazos finais, exame da capacidade alheia com dinheiro, correção de sistemas de computadores com estilo burocrático; mas o equipamento também é leve porque convém deixar de lado todos os preconceitos sobre as distinções entre o contexto em que o saber está inserido e o próprio saber. Na entrada do inferno de Dante está escrito:

DEIXAI A ESPERANÇA, Ó VÓS QUE ENTRAI.

No ponto de partida desta viagem deveria estar escrito:

DEIXAI O SABER SOBRE O SABER, Ó VÓS QUE ENTRAI.

Em 1985, ao estudar a dupla hélice e o uso do Eagle, para conceber programas, nada se fica sabendo sobre a bizarra mistura de que eles são compostos, mas tal estudo em 1952 ou em 1980 revela

tudo isso. Sobre as duas caixas-pretas que repousam no gabinete de Whittaker pode-se ler, como na caixa de Pandora: PERIGO, NÃO ABRA. Em Cavendish e na sede da Data General, paixões, prazos finais e decisões são coisas que escapam por todos os lados da caixa que permanece aberta. Pandora, o androide mítico enviado por Zeus a Prometeu, é a segunda personagem, depois de Jano, que nos saúda no começo de nossa viagem. (Precisaremos de muitas bênçãos de mais deuses antigos se quisermos chegar sãos e salvos a nosso destino.)

(2) Quando o suficiente nunca é suficiente

A ciência tem duas faces: uma que sabe, outra que ainda não sabe. Ficaremos com a mais ignorante. Quem está por dentro da ciência – e por fora também – tem milhões de ideias sobre os ingredientes necessários à sua construção. Ficaremos com o mínimo possível de ideias sobre aquilo que constitui a ciência. Mas como explicar o fechamento das caixas, já que, afinal, elas de fato se fecham? A forma de dupla hélice é estabelecida no gabinete de John em 1985; o mesmo acontece com o computador Eclipse MV/8000. Como foi que eles se mudaram de Cavendish, em 1952, ou de Westborough, Massachusetts, para Paris, em 1985? Tudo bem, escolhemos as controvérsias como porta de entrada, mas também precisamos acompanhar o modo como essas controvérsias se encerram. Aqui precisamos nos acostumar a um estranho fenômeno acústico. As duas faces de Jano falam juntas e dizem coisas completamente diferentes, que não devemos confundir.

Primeira máxima de Jano:

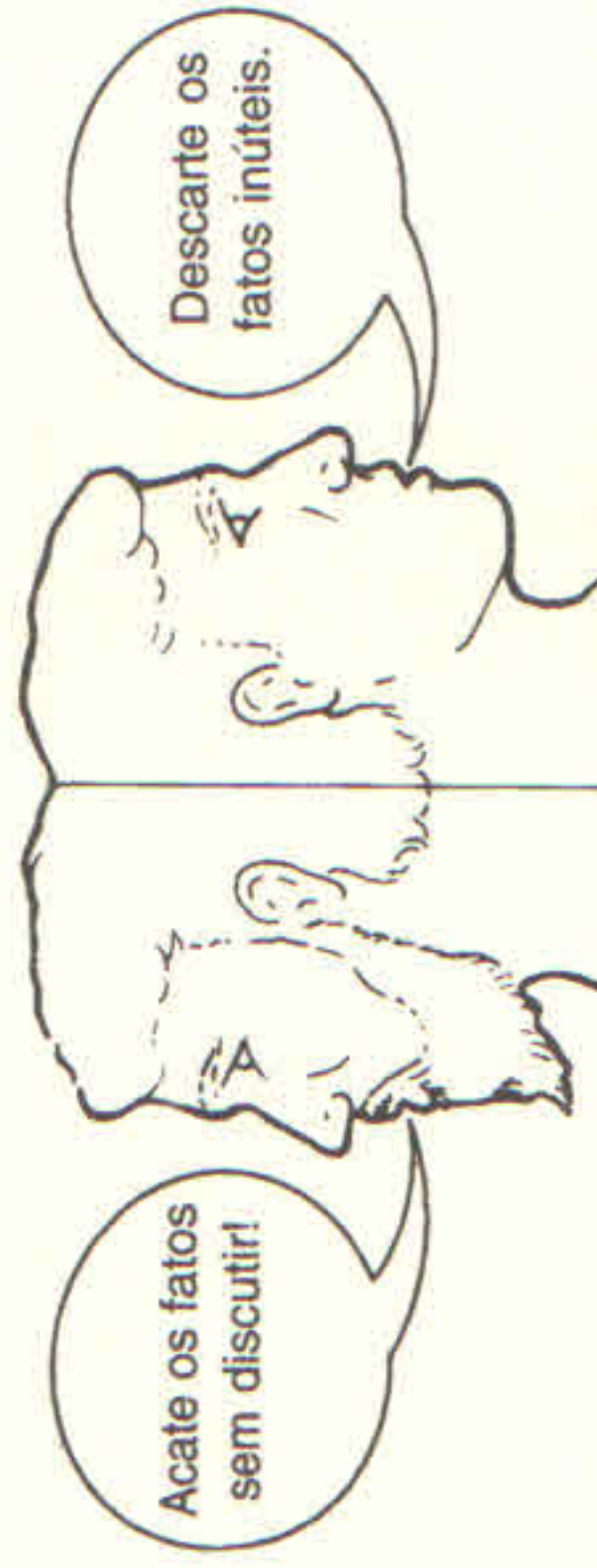


FIGURA 1.2

Cena 6: Jim copia de vários livros as formas dos pares de bases que constituem o DNA e brinca com elas, tentando detectar alguma simetria quando emparelhadas. Para seu espanto, o emparelhamento de adenina com adenina, de citosina com citosina, de guanina com guanina e de timina com timina cria lindas formas sobrepostas. Mas, para falar a verdade, essa simetria desfigura estranhamente o suporte de açúcar-fosfato, o que, porém, não é suficiente para impedir que o coração de Jim dispare ou para impedi-lo de escrever uma carta triunfante ao chefe.

Eu mal tinha chegado ao escritório e começado a explicar meu esquema quando o cristalógrafo norte-americano Jerry Donohue protestou, dizendo que aquela ideia não daria certo. Em sua opinião, as formas tautoméricas que eu havia copiado do livro de Davidson estavam incorretamente distribuídas. Minha contestação imediata, de que vários outros livros também ilustravam a guanina e a timina na forma enol, não surtiu efeito. Felizmente, ele deixou escapar que havia anos os especialistas em química orgânica estavam dando preferência arbitrariamente a determinadas formas tautoméricas em detrimento de outras possibilidades, partindo de fundamentos frágeilíssimos... Embora minha reação imediata tivesse sido alimentar a esperança de que aquilo tudo fosse bravata de Jerry, não dispensei suas críticas. Depois do próprio Linus, era Jerry quem mais entendiava de pontes de hidrogênio no mundo. Como ele trabalhava no Cal Tech durante muitos anos com estruturas de moléculas orgânicas,

eu não podia me enganar achando que ele não tinha entendido o problema. Durante os seis meses em que ele ocupava uma mesa em nossas instalações, eu nunca o tinha ouvido dar "chutes" sobre assuntos dos quais nada soubesse. Preocupadíssimo, voltei à minha mesa, na esperança de que surgisse algum macete para salvar o esquema "igual com igual" (Watson, op. cit., p.121-2).

Jim tinha acatado os fatos como estavam nos livros, e estes, unanimemente, lhe apresentavam uma linda caixa-preta: a forma enol. Naquele caso, porém, é exatamente esse o fato que deveria ser descartado ou questionado. Pelo menos é o que Donohue diz. Mas em quem Jim deveria acreditar? Na opinião unânime dos químicos orgânicos, ou na opinião *daquela* químico? Jim, na tentativa de salvar seu modelo, passa de uma regra metodológica, "acate os fatos sem discutir", para outras mais estratégicas, "procure um ponto fraco", "escolha alguém em quem acreditar". Donohue estudara com Pauling, trabalhara com moléculas pequenas e, em seis meses, nunca dissera absurdos. Disciplina, afiliação, *curriculum vitae*, avaliação psicológica, tudo é misturado por Jim para chegar a uma decisão. É melhor sacrificar tudo isso e o belo modelo "igual com igual" do que a crítica de Donohue. O fato, por mais "acatável" que seja, precisa ser descartado.

A imprevisível vantagem de ter Jerry no mesmo escritório em que Francis, Peter e eu trabalhávamos, embora óbvia para todos, não era verbalizada. Se ele não estivesse conosco em Cambridge, eu talvez ainda estivesse tentando conseguir uma estrutura baseada no esquema "igual com igual". Maurice, num laboratório que não tinha químicos estruturais, não contava com ninguém para dizer-lhe que todas as figuras dos livros estavam erradas. Mas, para Jerry, só Pauling teria a probabilidade de fazer a escolha certa e de arcar com todas as consequências (ibid., p.132).

O conselho da face esquerda de Jano é fácil de seguir quando as coisas já estão assentadas, mas não quando isso ainda não

aconteceu. Aquilo que, no lado esquerdo, constitui fatos químicos universalmente conhecidos, do ponto de vista do lado direito passa a constituir precárias afirmações feitas por duas pessoas no mundo todo. Tem uma *qualidade* que depende crucialmente de fatores como local, oportunidade e estimativa do mérito das pessoas e daquilo que elas estão dizendo.

Segunda máxima de Jano:



FIGURA I.3

Cena 7: West e seu principal colaborador, Alsing, estão discutindo sobre a forma de atacar o programa de depuração do sistema:

- Quero construir um simulador, Tom.
- Vai demorar muito, Alsing. A máquina vai estar depurada antes que você tenha seu simulador depurado.

Daquela vez Alsing insistiu. Eles não podiam construir o Eagle em um ano se tivessem de depurar todo o microcódigo dos protótipos. Além do mais, se continuassem daquele jeito, iriam precisar ter pelo menos um protótipo extra – ou provavelmente dois – já desde o início, o que significaria duas vezes mais trabalho (trabalho enfadonho e duro) para atualizar as placas. Alsing queria um programa que se comportasse como um Eagle aperfeiçoado, para que eles pudessem corrigir o microcódigo separadamente do hardware.

West disse:

- Vá em frente. Mas aposto que tudo vai estar pronto quando você acabar. (Kidder, op. cit., p.146)

O conselho do lado direito é seguido à risca pelos dois homens, pois eles querem construir o melhor computador possível. Isso, porém, não impede que entre os dois comece uma nova controvérsia sobre como imitar, de antemão, uma máquina eficiente. Se Alsing não puder convencer um dos membros de sua equipe, Peck, a terminar em seis semanas o simulador que demoraria um ano e meio, então West estará certo: o simulador não é uma maneira eficiente de proceder, pois vai chegar tarde demais. Mas se Alsing e Peck tiverem sucesso, então a definição de eficiência de West é que estará errada. A eficiência dependerá de quem tiver sucesso; de nada adianta decidir, na hora, quem está certo e quem está errado. O conselho do lado direito está certíssimo quando o Eagle é mandado para a fábrica; antes disso, o que deve ser seguido é o desconcertante conselho estratégico do lado esquerdo.

Terceira máxima de Jano:



FIGURA I.4

Cena 8: Durante dois anos, West isolou sua equipe do restante da companhia. “Alguns dos meninos – diz ele – não têm a menor noção de que há uma empresa por trás de tudo isso. Podia estar sendo financiado pela CIA. Podia ser um teste psicológico” (Kidder, op. cit., p.200). Durante esse período, porém, West não parou de tentar influenciar a empresa em favor do Eagle. Agindo como intermediário, ele filtrava as injunções impostas sobre a futura máquina por de Castro (o chefe), pelo departamento de marketing, pelos outros grupos de pesquisa da Carolina do Norte, pelas outras máquinas

apresentadas em feiras de informática etc. Também era ele que continuava negociando prazos que nunca eram cumpridos. Mas, a certa altura, todos os departamentos juntos, aos quais ele havia pleiteado tão intensamente, queriam ver alguma coisa e diziam que ele estava blefando. A situação se tornou mais delicada quando, finalmente, ficou claro que o grupo da Carolina do Norte não entregaria máquina alguma, que a DEC estava vendendo o VAX a dar com pau e que os compradores queriam um supermini 32-bits totalmente compatível da Data General. Nessa altura, West precisou quebrar o escudo protetor que havia construído em torno de sua equipe. Sem dúvida, ele havia projetado a máquina para que ela se coadunasse com os interesses dos outros departamentos, mas ainda não estava certo da reação deles nem da reação de sua equipe quando de repente lhe tirassem a máquina das mãos.

Com a chegada do verão, um número cada vez maior de intrusos ia sendo atraído para o laboratório: gente que mexia com programas de diagnóstico, principalmente do departamento de software. Alguns *Hardy Boys*⁴ tinham acabado por gostar muito dos protótipos do Eagle, assim como a gente gosta de um bichinho de estimação ou de uma planta que vê crescer desde a semente. Agora, Rasala estava dizendo que eles não podiam trabalhar naquelas máquinas em certas horas, porque o pessoal do software precisava usá-las. E explicava: o projeto estava passando por uma fase delicada; se o pessoal do software não ficasse conhecendo e gostando do hardware, se não falasse com entusiasmo sobre ele, o projeto poderia ser arruinado; os *Hardy Boys* achavam que era uma sorte o pessoal do software querer usar os protótipos, e eles precisavam manter o pessoal do software feliz (ibid., p.201).

Não era só o pessoal do software que tinha de continuar feliz: também o pessoal da produção, o de marketing, o da documentação

4 *Hardy Boy* significa "garoto valente". Nessa expressão há um trocadilho. Na verdade, trata-se do pessoal que trabalhava com o hardware. (N. T.)

técnica e os *designers*, que precisavam pôr a máquina numa caixa bem bonita (não preta, desta vez!), sem falar dos acionistas e dos compradores. Embora a máquina tivesse sido concebida por West, com muitas concessões para manter toda aquela gente satisfeita e ocupada, ele não podia ter certeza de que ela manteria todos unidos. Cada grupo de interesse tinha de fazer seu próprio teste na máquina, para ver até que ponto ela correspondia. O pior de tudo, para Tom West, era o fabricante dos novos *chips* PAL estar falindo, a equipe estar passando por uma verdadeira depressão pós-parto e a máquina ainda não estar depurada. "Acho que nossa credibilidade vai por água abaixo", é o que West diz a seus assistentes. O Eagle ainda não funciona mais que alguns segundos sem que em sua tela faísquem mensagens de erros. Toda vez que, com todo o esmero e precisão, a falha é captada, eles a consertam e, em seguida, experimentam um programa de depuração mais novo e complicado.

O Eagle estava misteriosamente falhando no teste de confiabilidade de multiprogramação. Apagava, estalava, ia para a terra do nunca, sumia do mapa depois de quatro horas, mais ou menos, de bom funcionamento.

"As máquinas, nos estertores dos últimos erros, são muito vulneráveis", dizia Alsing. Aí começa a gritaria: "Nunca vai funcionar", e assim por diante. Os gerentes e os grupos de suporte é que começaram a dizer essas coisas. Os parasitas dizem: "Puxa, eu achava que você ia acabar isso bem antes". É aí que o pessoal começa a falar em reprojeter tudo de novo.

E Alsing acrescentava:

— Toma cuidado com o Tom agora.

E West em seu gabinete:

— Estou pensando em botar a turma para fora do laboratório e ir lá com Rasala para pôr tudo em ordem. É verdade. Eu não entendo todos os detalhes daquela joça, mas vou lá, e vou pôr aquilo para funcionar.

— Me dá mais uns dias, dizia Rasala (ibid., p.231).

Algumas semanas mais tarde, depois que o Eagle executou com sucesso um jogo de computador chamado *Adventure*, a equipe toda achou que tinha alcançado mais ou menos o objetivo em vista: “É um computador”, disse Rasala (ibid., p.233). Na segunda-feira, 8 de outubro, vem uma turma da manutenção carregar aquilo e, rapidamente, transforma-se numa caixa-preta. E por que esse transforma em caixa-preta? Porque é uma boa máquina, diz o lado esquerdo do nosso amigo Jano. Mas não era uma boa máquina antes de funcionar. Portanto, enquanto está sendo feita, não consegue convencer ninguém pelo seu bom estado de funcionamento. É só depois de depurados os infindáveis errinhos que se revelam a cada novo ensaio exigido por um novo grupo interessado, é só aí que a máquina, finalmente e de forma progressiva, é posta para funcionar. Nenhuma das razões pelas quais ela funcionará depois de acabada ajuda os engenheiros enquanto eles a estão construindo.

Cena 9: E a história da dupla hélice, como termina? Numa série de experimentos impostos ao novo modelo por várias pessoas com quem (ou contra quem) Jim Watson e Francis Crick trabalharam. Jim está brincando com modelos de papelão dos pares de bases, agora na forma cetona sugerida por Jerry Donohue. Para seu espanto, ele percebe que as formas obtidas pelo emparelhamento de adenina com timina e de guanina com citosina podem ser sobrepostas. Os intervalos da dupla hélice têm a mesma forma. Ao contrário do primeiro modelo, a estrutura poderia ser complementar, em vez de seguir o esquema “igual com igual”. Ele hesita um momento, pois de início não vê motivo para aquela complementaridade. Então se lembra de algo chamado “leis de Chargaff”, um desses muitos fatos empíricos que ficam em segundo plano. Essas “leis” diziam que havia sempre a mesma quantidade de adenina e de timina, a mesma quantidade de guanina e de citosina, independentemente do DNA escolhido para análise. Esse fato isolado, desprovido de significado no seu primeiro modelo “igual com igual”, de repente reforça o novo modelo que está surgindo. Não só os pares se sobrepõem, como as leis de Chargaff podem ser

apresentadas como consequência desse modelo. Outro fator reforça o modelo: essa pode ser uma maneira de o gene se dividir em duas partes e, em seguida, cada fita criar uma cópia complementar exata de si mesma. Uma hélice poderia dar origem a duas hélices idênticas. Assim, o significado biológico apoiaria o modelo.

Quarta máxima de Jano:



FIGURA I.5

Assim mesmo, apesar dessas três vantagens, o modelo de papelão de Jim poderia ser destruído. Talvez Donohue reduzisse tudo a cinzas, como tentara alguns dias antes. Por isso, Jim o chamou para verificar se ele tinha alguma objeção. “Quando ele disse que não, meu moral foi para as nuvens” (Watson, op. cit., p.124). Então é Francis que corre para o laboratório e “começa a juntar as bases de vários modos diferentes”. Dessa vez, o modelo *resiste* ao ceticismo de Francis. Agora são muitos os elementos decisivos amarrados à nova estrutura e pela nova estrutura.

Contudo, todas as pessoas convencidas trabalham no mesmo local e, embora acreditem estar certas, podem estar iludidas. O que dirá Bragg e todos os outros cristalógrafos? Que objeções farão Maurice Wilkins e Rosalind Franklin, os únicos que têm raios X do DNA? Será que eles verão o modelo como a única maneira capaz de produzir, por projeção, a forma visível nas fotografias de Rosalind? Queriam, mas temiam expor-se ao risco da revelação final a pessoas que por várias vezes haviam arruinado todos os seus esforços. Além do mais, estava faltando outro aliado para a consolidação do

ensaio; aliado humilde, é verdade, mas necessário assim mesmo: “Naquela noite, porém, não conseguimos determinar de forma inquestionável a dupla hélice. Enquanto não tivéssemos à mão as bases de metal, qualquer modelo teria uma construção desalinhada demais para ser convincente” (ibid., p. 127). Mesmo com as leis de Chargaff, com significado biológico, com a aprovação de Donohue, com o entusiasmo deles, com os pares de bases em seus devidos lugares, a hélice ainda estava desalinhada. O metal é necessário para reforçar a estrutura por um tempo suficiente para resistir às provas a que os concorrentes/colegas irão submetê-la.

O restante da história da dupla hélice se parece com os lances finais de uma eleição presidencial norte-americana. Cada um dos outros competidores é introduzido na sala onde o modelo está montado, briga com ele por algum tempo, antes de ser completamente vencido e declarar-lhe todo o seu apoio. Bragg está convencido, embora ainda preocupado porque ninguém com maior seriedade que Jim e Francis checou a hélice. Então só resta a grande partida, o encontro entre o modelo e as pessoas que durante anos observaram sua imagem projetada. “Maurice não precisou olhar o modelo por mais de um minuto para gostar dele. Só dois dias depois de sua chegada a Londres ligou para dizer que Rosy e ele achavam que os dados radiográficos corroboravam a dupla hélice” (p. 131). Logo Pauling também dá sua adesão à estrutura, e aí chega a vez dos revisores do *Nature*.

“Claro!” – diz o lado esquerdo de Jano – “todos estão convencidos porque Jim e Francis atinaram com a estrutura correta. A própria forma do DNA é suficiente para formar consenso”. “Não” – diz o lado direito – “a cada pessoa que se convence a estrutura fica mais correta”. O suficiente nunca é suficiente: anos depois, na Índia e na Nova Zelândia, outros pesquisadores trabalhavam num modelo chamado “zíper torcido”,⁵ que fazia tudo o que a dupla hélice fazia e mais alguma coisa. Pauling defendeu com unhas e dentes sua própria estrutura, que por fim se mostrou inteiramente

5 Sobre esse episódio, ver Stokes (1982).

errada; Jim encontrou significado biológico numa estrutura com emparelhamento igual-igual que sobreviveu apenas umas poucas horas; Rosalind Franklin afirmava teimosamente, um pouco antes, que a hélice era de três fitas; Wilkins não pensou na forma cetona revelada depois por Jerry Donohue; as leis de Chargaff eram um fato insignificante que eles mantiveram em segundo plano durante muito tempo; quanto aos pequenos átomos de metal, sustentaram firmemente incontáveis modelos que acabaram por revelar-se errados. Todos esses aliados parecem muito fortes quando a estrutura já é uma caixa-preta. Enquanto isso não acontece, Jim e Francis continuavam lutando para arregimentá-los, modificando a estrutura do DNA até que todos estejam satisfeitos. Depois de tudo terminado, eles seguem o conselho do lado direito de Jano. Enquanto ainda estão à procura da forma correta do DNA, é melhor não seguir os desconcertantes conselhos do lado direito.

Poderíamos repassar todas as opiniões existentes para explicar por que uma controvérsia aberta se encerra, mas estaremos sempre topando com uma nova controvérsia referente ao como e ao porquê do encerramento da questão. Teremos de aprender a viver com duas vozes contraditórias que falam ao mesmo tempo, uma sobre a ciência em construção, outra sobre a ciência acabada. Esta última produz frases como “faça isto... faça aquilo”; a primeira diz “o suficiente nunca é suficiente”. O lado esquerdo considera fatos e máquinas suficientemente bem determinados. O lado direito acha que fatos e máquinas, em fase de construção, estão sempre *subdeterminados*.⁶ Sempre falta alguma coisa para fechar a caixa-preta de uma vez por todas. Até o último minuto, o Eagle poderá falhar se West não tiver o cuidado de manter o interesse do pessoal do software, de continuar pressionando as equipes de depuração e de fazer propaganda da máquina no departamento de marketing.

6 Essa noção de subdeterminação, também chamada princípio de Duhem-Quine, afirma que nenhum fator isolado é suficiente para explicar o encerramento de uma controvérsia ou a certeza obtida pelos cientistas. Esse princípio constitui a base filosófica da maior parte da história social da sociologia da ciência.

(3) A primeira regra metodológica

Entraremos em fatos e máquinas enquanto estão em construção; não levaremos conosco preconceitos relativos ao que constitui o saber; observaremos o fechamento das caixas-pretas tomando o cuidado de fazer a distinção entre duas explicações contraditórias desse fechamento, uma proferida depois dele, outra enquanto ele está sendo tentado. Essa será nossa *primeira regra metodológica*, a que possibilitará nossa viagem.

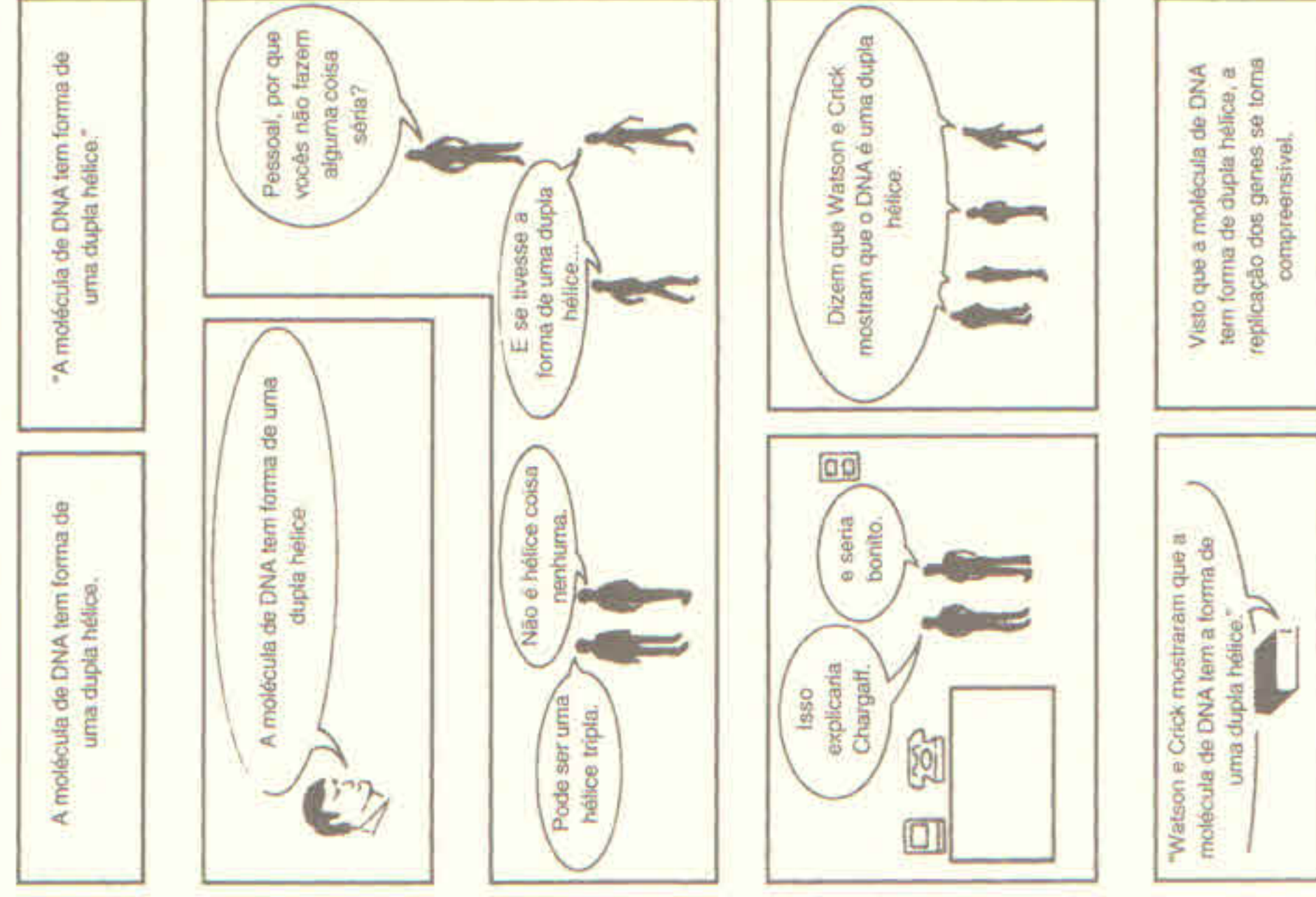


FIGURA 1.6

Para esboçar a forma global deste livro, é melhor imaginar a seguinte história em quadrinhos: começamos com uma frase de livro, desprovida de qualquer vestígio de invenção, interpretação ou autoria; em seguida, essa frase é posta entre aspas e também colocada dentro de um balão, sendo pronunciada por alguém; depois, a essa personagem acrescentamos outra, *com quem* ela está falando, após o que todas elas são colocadas em determinada situação, no tempo e no espaço, rodeadas por equipamentos, máquinas, colegas. A seguir, quando a controvérsia já está um pouco mais animada, vemos *que direção é tomada* pelo pessoal que discute e *que tipo* de elementos novos eles arranjam, arregimentam ou seduzem a fim de convencer os colegas; aí, vemos como as pessoas que estão sendo convencidas param de discutir; situações, locais e até pessoas começam a apagar-se; no último quadro, vemos uma nova frase, sem aspas, escrita num livro semelhante àquele com que começamos no primeiro quadro. Esse é o movimento global daquilo que estudaremos reiteradamente ao longo deste livro, penetrando a ciência a partir de fora, acompanhando discussões e cientistas até o fim, para finalmente irmos saindo aos poucos da ciência em construção.

Apesar do quadro rico, desconcertante, ambíguo e fascinante que assim se revela, poucas pessoas de fora já penetraram nas atividades internas da ciência e da tecnologia e depois saíram para explicar, a quem continua do lado de fora, de que modo tudo aquilo funciona. Evidentemente, muitos jovens entraram no mundo da ciência, mas se tornaram cientistas e engenheiros; o que eles fizeram está visível nas máquinas que usamos, nos livros pelos quais aprendemos, nos comprimidos que tomamos, nas paisagens que olhamos, nos satélites que cintilam no céu noturno sobre nossas cabeças. Como fizeram, não o sabemos. Alguns cientistas falam de ciência, de seus métodos e meios, mas poucos se submetem à disciplina de também agirem como leigos; o que eles dizem sobre o que fazem é difícil de conferir sem um esquadrinhamento independente. Outras pessoas falam sobre ciência, de sua solidez, seu fundamento, seu desenvolvimento ou seus perigos; infelizmente, quase ninguém está interessado no processo de construção da ciência. Fogem intimidados da mistura

caótica revelada pela ciência em ação e preferem os contornos organizados do método e da racionalidade científica. A defesa da ciência e da razão contra as pseudociências, contra a fraude e a irracionalidade mantém a maioria dessas pessoas ocupada demais para estudá-la. Como ocorre com os milhões ou bilhões de leigos, o que elas sabem sobre ciência e tecnologia provém apenas de sua vulgarização. Os fatos e artefatos que esta produz caem sobre suas cabeças como um fado externo tão estranho, desumano e imprevisível quanto o *Fatum* dos antigos romanos.

Afora as pessoas que fazem ciência, que a estudam, que a defendem ou que se submetem a ela, felizmente existem algumas outras, com formação científica ou não, que abrem as caixas-pretas para que os leigos possam dar uma olhadela. Apresentam-se com vários nomes diferentes (historiadores da ciência e da tecnologia, ecologistas, sociólogos, professores de ciências, analistas de política científica, jornalistas, filósofos, cientistas e cidadãos interessados, antropólogos cognitivos ou psicólogos cognitivos), tendo na maioria das vezes em comum o interesse por algo que é genericamente rotulado “ciência, tecnologia e sociedade”. Este livro foi construído com base no trabalho deles. Valeria a pena fazer um resumo dos *resultados* e das conquistas que obtiveram, mas isso ultrapassaria meus conhecimentos. Simplesmente quero resumir o *método* que utilizam e esboçar a base que, às vezes inconscientemente, compartilham. Fazendo isso, espero ajudar a superar duas limitações dos estudos de “ciência, tecnologia e sociedade” que, em minha opinião, frustram seu impacto: a organização *por disciplina* e *por objeto*.

Os economistas da inovação ignoram os sociólogos da tecnologia; os cientistas cognitivos nunca fazem estudos sociais da ciência; a etnociência está muito longe da pedagogia; os historiadores da ciência prestam pouca atenção aos estudos literários ou à retórica; os sociólogos da ciência muitas vezes não veem relação alguma entre seu trabalho acadêmico e os experimentos *in vivo* realizados por cientistas ou cidadãos interessados; os jornalistas raramente citam trabalhos acadêmicos sobre estudos sociais da ciência, e assim por diante.

Essa Babel de disciplinas não teria tanta importância se para ela não contribuísse outra divisão: a dos objetos que cada uma estuda. Existem historiadores da química do século XVIII ou da física alemã da virada do século; até mesmo as associações de cidadãos têm especializações: algumas combatem a energia atômica, outras lutam contra as indústrias farmacêuticas e outras, ainda, contra algum novo tipo de ensino de matemática; certos cientistas cognitivos fazem estudos experimentais com crianças, enquanto outros se interessam pelo raciocínio cotidiano dos adultos; mesmo entre os sociólogos da ciência, alguns se dedicam a objetos microscópicos, ao passo que outros se interessam por projetos de engenharia de grande escala; os historiadores da tecnologia muitas vezes se enquadram em especialidades técnicas da engenharia, alguns estudando a indústria aeronáutica, enquanto outros preferem as telecomunicações ou o desenvolvimento de máquinas a vapor; quanto aos antropólogos que estudam o raciocínio “selvagem”, pouquíssimos chegam a interessar-se pelo pensamento moderno. Essa dispersão de disciplinas e de objetos não seria problemática se caracterizasse alguma necessária e fecunda *especialização* que partisse de um núcleo de problemas e métodos comuns. No entanto, o que acontece não é nem sombra disso. As ciências e as tecnologias em estudo são os principais fatores determinantes desse crescimento desordenado de interesses e métodos. Nunca encontrei duas pessoas que estivessem de acordo quanto ao significado do campo de estudo chamado “ciência, tecnologia e sociedade”; na verdade, raramente vi alguém que concordasse quanto ao nome ou quanto à própria existência desse campo!

Eu afirmo que esse campo existe, que há um núcleo de problemas e métodos comuns, que ele é importante e que todas as disciplinas e os objetos dos estudos de “ciência, tecnologia e sociedade” podem ser empregados também como material especializado para estudá-lo. Para definir o que está em jogo nesse campo de estudo, a única coisa de que precisamos são alguns conjuntos de conceitos suficientemente resistentes para aguentar a viagem por todas essas disciplinas, esses períodos e objetos.

Estou consciente de que há muitas noções mais sofisticadas, sutis, ágeis ou influentes do que as escolhidas por mim. Mas será que não sucumbiriam? Será que aguentariam a distância? Será que teriam a capacidade de amarrar um número suficiente de fatos empíricos? Seriam suficientemente funcionais para a realização dos exercícios práticos?⁷ Foram essas questões que me orientaram a selecionar, na literatura, *regras metodológicas e princípios*, e destinar um capítulo para cada par.⁸ O *status* dessas regras e o desses princípios são razoavelmente distintos, e não espero que sejam avaliados da mesma maneira. Por “regras metodológicas” indico as decisões que é necessário tomar *a priori* na consideração de todos os fatos empíricos criados pelas disciplinas especializadas que fazem parte do campo de estudo chamado “ciência, tecnologia e sociedade”. Por “princípios” indico a *minha* síntese pessoal dos fatos empíricos em mãos após dez anos de trabalho nessa área. Portanto, minha expectativa é de que esses princípios sejam debatidos, falseados, substituídos por outras sínteses. Por outro lado, as regras metodológicas constituem um pacote com o qual não parece fácil negociar sem perder de vista o terreno comum que quero traçar. Com elas é mais uma questão de tudo ou nada, e acredito que devam ser julgadas apenas nas seguintes bases: por acaso interligam mais elementos que outras? Permitirão que não especialistas acompanhem melhor, por mais tempo e de forma mais independente a ciência e a tecnologia? Essa será a única regra do jogo, ou seja, a única “metarregra” de que vamos precisar para prosseguir nosso trabalho.

PARTE I

DA RETÓRICA MAIS FRACA À MAIS FORTE

⁷ Este livro foi inicialmente planejado com exercícios no fim de cada capítulo.

Por falta de espaço, essas tarefas práticas serão objeto de um segundo volume.

⁸ Com exceção da primeira regra metodológica definida aqui. No fim do livro, à guisa de apêndices, damos um resumo dessas regras e desses princípios.