

# A DUPLA REVOLUÇÃO DA DUPLA HÉLICE

---

*Pascal Acot*

*A história da descoberta da estrutura em dupla hélice do DNA é exemplar para os historiadores das ciências, porque situa-se na confluência de diferentes disciplinas e técnicas (bioquímica, genética, cromatografia em papel, cristalografia por raios X). Uma técnica em particular apresentou-se como fator decisivo para essa descoberta: a fotografia do DNA cristalizado por difração de raios X. A importância das redes de relações entre os pesquisadores, bem como as afinidades e inimizades entre eles, entraram muitas vezes em jogo. Pesou também a tensão entre o Leste e o Oeste: o fato de seu passaporte ter sido vetado pelo governo dos Estados Unidos, colocou à margem da questão Linus Pauling (1901-1994), o maior químico do momento. Portanto, a descoberta da estrutura do DNA representou não só uma revolução científica, marcando o verdadeiro nascimento da biologia molecular, mas também uma revolução na história das ciências.*

Primavera de 1951: a cena se passa em Nápoles, sul da Itália, por ocasião de um congresso internacional consagrado à estrutura das moléculas das células vivas. Um pós-doutorando chamado James Dewey Watson, de apenas 23 anos, entedia-se durante as conferências. Inesperadamente, porém, ao final de uma comunicação bastante insípida – conforme o jovem participante – o químico cristalógrafo Maurice Wilkins apresenta uma fotografia do DNA por difração de raios X. O aspecto cruciforme da imagem sugere uma estrutura cristalina. “Senti-me de repente apaixonado pela química”, conta Watson; “(...) antes de Maurice tomar a palavra, eu acreditava que o gene era fantasticamente irregular. Agora ficava sabendo que este podia cristalizar e que, por conseqüência, tinha uma estrutura regular, passível de ser decifrada diretamente”.<sup>1</sup> Recolocada em seu contexto científico e sociológico, essa observação sintetiza de maneira exemplar o extraordinário concurso de circunstâncias em que a estrutura de dupla hélice do DNA foi elucidada.

A descoberta vincula-se em primeiro lugar ao encontro de diferentes campos disciplinares e metodológicos (cristalografia por raios X, bioquímica, genética), materializado pela presença, em Cambridge, de pesquisadores do porte de Sir Lawrence Bragg (1890-1971), Maurice Wilkins (1916-), Rosalind Elsie Franklin (1920-1958), Francis Crick (1916-) e James Watson (1928-). Dificilmente a fecundidade da abordagem pluridisciplinar de um problema poderá ser tão espetacular como no caso da descoberta de Watson e Crick. Em segundo lugar, a impossibilidade, por parte do grande químico americano Linus Pauling (1901-1994), de ter tomado conhecimento das importantes imagens do DNA realizadas por Rosalind Franklin, atuou em favor dos pesquisadores de Cambridge; o passaporte de Pauling lhe havia sido vetado por causa de suas convicções pacifistas em plena guerra fria.<sup>2</sup> Muitos cientistas e historiadores das ciências acreditam que esta censura custou aos Estados Unidos a descoberta da dupla hélice do DNA. Enfim, tal descoberta não foi somente uma revolução na ciência dos seres vivos, fundando as bases da biologia molecular e abrindo assim um domínio inteiramente novo no campo da pesquisa, porque profundas mudanças também ocorreram na história das ciências depois da publicação de *A dupla hélice*: a partir de então, o perfil dos pesquisadores, suas idéias preconcebidas, suas ambições, suas dissimulações e a natureza irracional de algumas de suas escolhas científicas juntam-se ao número de fatores que convém levar em conta.

O DNA foi descoberto em 1869 pelo bioquímico suíço Johann Friedrich Miescher (1844-1895). Ele era discípulo do

<sup>1</sup> WATSON, James D. *La double hélice*. Paris: Robert Laffont, p. 41 (Primeira edição americana: *The Double Helix*, 1968).

<sup>2</sup> Prêmio Nobel de Química em 1954, Linus Pauling recebeu o prêmio Nobel da Paz em 1962.

<sup>3</sup> A pepsina destrói as proteínas, o que permite isolar o DNA.

professor Ernst Felix Immanuel Hoppe-Seyler (1825-1895), que havia dado nome à hemoglobina. Os dois trabalhavam com bandagens de feridos durante a guerra da Criméia, quando, a partir de células de pus, Miescher isola, graças a uma enzima digestiva do estômago (a pepsina<sup>3</sup>), uma substância até então desconhecida que ele batiza de “nucleína.” Esta contém fósforo, o que é inesperado na época. Mais tarde, a presença de um açúcar na nucleína (a desoxirribose) e seu caráter ácido conduzirão os bioquímicos a batizar a nucleína de “ácido desoxirribonucleico”. Entretanto, seu papel genético e sua estrutura permanecerão desconhecidos por muito tempo.

No decorrer dos anos 1910, e com perspectivas muito distantes da biologia, o físico alemão Max von Laue (1879-1960) descobre a difração dos raios X por meio dos cristais. As imagens fotográficas obtidas formam manchas simétricas porque os raios X possuem comprimentos de onda da mesma ordem de grandeza das distâncias interatômicas. Torna-se possível definir assim a estrutura dos cristais. Em 1915, William Lawrence Bragg (1890-1971) e seu pai William Henry Bragg (1862-1942) recebem o prêmio Nobel principalmente por terem definido a estrutura do cloreto de sódio pelo método radiocristalográfico (Lawrence Bragg havia descoberto em 1912 uma lei que levou seu nome e que estabelecia um elo entre os ângulos nos quais são dispersados os raios X que atingem um cristal e a distância que separa os átomos deste cristal).

### A herança do entre-guerras

Lawrence Bragg encontrava-se então no Trinity College (Cambridge). Logo substituiu Ernst Rutherford (1871-1937) como professor de física na Universidade de Manchester. Ao longo dos anos 1930, defende as pesquisas de Max Ferdinand Perutz<sup>4</sup> (1914-2002) sobre a estrutura das proteínas globulares, criando depois em Cambridge um laboratório destinado ao estudo das moléculas biológicas... Vislumbram-se assim as condições institucionais e científicas que proporcionaram a descoberta de 1953: Bragg dirige o laboratório Cavendish de Cambridge, que irá acolher James Watson; Perutz e o estudante John Kendrew também trabalham ali.

Ainda no decurso dos anos 1930, o físico britânico William Thomas Astbury (1898-1961), discípulo de Lawrence Bragg, é o primeiro a estudar o DNA pela cristalografia por raios X e a estabelecer que sua estrutura apresenta a forma de um longo filamento. Ele também inventa o termo “biologia molecular” e mostra que o DNA comporta uma sucessão de bases empilhadas regularmente cuja distância mede 0,34 nm.

<sup>4</sup> Em 1962 Max Perutz partilhará com John Cowdery Kendrew (1917-1997) o prêmio Nobel de Química. Ele elucidou principalmente a estrutura da hemoglobina.

Alguns anos antes, em 1928, Frederick Griffith (1881-1941), médico inglês que trabalhava no laboratório de patologia do Ministério da Saúde, tinha tentado criar uma vacina contra a pneumonia. Ele havia mostrado que os diversos tipos de pneumococos (I, II, III, IV) podiam existir sob duas formas. Uma era não-virulenta e as colônias que formava em placa de Petri apresentavam aspecto irregular; esta foi batizada de “R”, do inglês *rough* (rugoso). A outra, virulenta, foi batizada “S”, *smooth* (lisa), pois as colônias apareciam lisas e brilhantes. Aquecidos, os pneumococos S perdiam a virulência.

Por razões que ainda escapam aos historiadores das ciências, mas que indicam tentativas sistemáticas de elaboração de uma vacina, Griffith tem a idéia de injetar em camundongos uma mistura de células vivas não-virulentas (tipo R) e de células de tipo S aquecidas, portanto tornadas inofensivas. O resultado é surpreendente para a época: os camundongos injetados haviam morrido! O tipo R transforma-se em tipo S e essa transformação é hereditária. O próprio Griffith não acredita no que ocorre, pois espera quatro anos para publicar os resultados de sua pesquisa; impunha-se a idéia de transformação genética, causada por um “fator transformante” químico, entre as bactérias mortas pelo calor e as bactérias vivas. Mas Griffith não foi além: como médico, procurava combater pneumococos, não desempenhar funções de geneticista. A história das ciências nos ensina que os cientistas no mais das vezes descobrem o que não esperam encontrar. A natureza do “fator transformante” de Griffith – o DNA – só foi elucidado em 1944 por Oswald Theodore Avery (1877-1955) e seus dois colaboradores Colin McLeod (1909-1972) e Mclyn McCarty (1911-)<sup>5</sup>, após uma série de experiências que se estenderam por mais de dez anos. Muita tinta correu sobre o sentido restrito que Avery atribuiu ao resultado de sua experiência: “Os elementos apresentados apoiavam a idéia segundo a qual um ácido nucléico do tipo *desoxirribose* é a unidade fundamental do princípio transformador do pneumococo de tipo III”.<sup>6</sup> Em nenhum momento Avery menciona a idéia de hereditariedade nesse artigo. Muitos historiadores das ciências<sup>7</sup> consideram que Avery focaliza estritamente sua reflexão no “fator transformante” do pneumococo, o que teria impedido de compreender plenamente o papel do DNA em matéria de hereditariedade. Outros atribuem à sua excessiva modéstia a recusa de arriscar-se a uma interpretação teórica apressada de sua descoberta. A seu favor, convém lembrar que em 1944 a comunidade científica não estava pronta para atribuir ao DNA um papel de hereditariedade, considerando

<sup>5</sup> A ortografia dos nomes citados é a encontrada no artigo original de 1944: *Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types, Induction of Transformation by a Desoxyribonucleic Acid Fraction Isolated from a Pneumococcus Type III. The Journal of Experimental Medicine*, February 1, 1944, vol. 79. n. 2, p. 137-158.

<sup>6</sup> *The Journal of Experimental Medicine*, February 1, 1944, vol. 79. n. 2, p. 156.

<sup>7</sup> Conforme, por exemplo, THUILLIER, Pierre. *Jeux et enjeux de la science*. Paris: Robert Laffont, 1972. p. 134-135.

que esta molécula era por demais simples e regular em comparação com a complexidade tão rica das proteínas. Muitos pesquisadores avançaram portanto a idéia de que os resultados de Avery podiam explicar-se por uma contaminação das preparações de DNA pelos traços de proteínas.

### A idéia de código genético

Contudo, alguns cientistas captam imediatamente o alcance da experiência de Avery. É o caso de Erwin Chargaff (1905-1992), bioquímico de origem austríaca obrigado a emigrar aos Estados Unidos em 1934. Desde a publicação dos resultados das pesquisas de Avery, Chargaff compreende o papel central do DNA nos mecanismos de hereditariedade e a partir daí orienta nessa direção as pesquisas de seu laboratório na Universidade de Colúmbia. Utilizando uma técnica já antiga, a cromatografia em papel<sup>8</sup>, ele descobre, no ano de 1949, que a relação entre as bases nitrogenadas (adenina – timina / guanina – citosina) é variável conforme as espécies, mas constante no interior de uma mesma espécie. Nesse sentido, o DNA é *específico*. Chargaff mostra que, para toda molécula de DNA, o número de moléculas de adenina é igual ao das moléculas de timina, e que o número de moléculas de guanina é igual ao das moléculas de citosina. Infinitamente mais complexa do que se pensava até então, a molécula do DNA é, portanto, suscetível de ser portadora da informação postulada em 1944 pelo físico suíço Erwin Schroedinger (1887-1961), que emigrara para a Irlanda, em sua obra intitulada *O que é a vida?*. Schroedinger foi o primeiro a falar em “código” genético: “Dando à estrutura das fibras cromossômicas o nome de código, queremos significar que o espírito onisciente concebido um dia por Laplace – para quem toda relação causal era imediatamente decifrável – poderá imediatamente deduzir desta estrutura se o ovo, uma vez colocado em condições adequadas, desenvolver-se-á em galo negro ou em galinha pintada, em mosca ou pé de milho, rododendron ou escaravelho, camundongo ou mulher”.<sup>9</sup> A idéia segundo a qual a estrutura do DNA revela a hereditariedade estava a caminho.

### O Grupo Fago

Os trabalhos efetuados no seio do que se chamou “Grupo Fago” tomam igualmente esse rumo depois do fim dos anos 1930. Trata-se da reunião informal de pesquisadores que atuavam nos Estados Unidos e que haviam escolhido os bacteriófagos<sup>10</sup> como objeto de estudo. A formação desse grupo não foi obra do acaso: o DNA é um objeto de

<sup>8</sup> A cromatografia em papel é um método de análise química que consiste em separar por capilaridade os constituintes de uma mistura. Foi inventada em 1906 pelo botânico russo Mikhaïl Semenovitch Tsvet (1872-1920).

<sup>9</sup> SCHROEDINGER, Erwin. *Qu'est-ce que la vie?* Paris: Christian Bourgeois, 1986, p. 71 (primeira edição: *What is Life?* Cambridge University Press, 1944).

<sup>10</sup> Um “bacteriófago” é um vírus de bactéria. Foi descoberto entre 1915 e 1917 pelo biólogo franco-canadense Felix d' Herelle (1873-1949), bem como pelo biólogo inglês Frederic Twort.

pesquisa que se situa na fronteira da física molecular e da biologia genética. Os bacteriófagos representam por sua simplicidade um modelo para abordar a questão da replicação do gene: não podendo reproduzir-se de maneira autônoma, devem injetar seu DNA na bactéria hospedeira, o que tem por efeito um desvio na maquinaria enzimática, que então produz centenas de novos fagos. O fundador do grupo, o alemão Max Delbrück (1906-1981), era físico originalmente. Depois de ter trabalhado com Niels Bohr (1885-1962), interessou-se pelas propriedades físicas do gene, depois pelos bacteriófagos. Dedicou-se notadamente à cinética de sua replicação. O principal colaborador de Delbrück foi o italiano Salvador Luria (1912-1991), que entrou no grupo em 1941. Médico de formação, depois físico no laboratório de Enrico Fermi (1901-1954), Luria acabou dedicando-se definitivamente à biologia, antes de ser obrigado a emigrar para os Estados Unidos.<sup>11</sup> O terceiro personagem importante é Alfred Day Hershey (1908-1997), que veio a integrar o grupo em 1943. Com Martha Chase (1930-) ele mostrou que nos constituintes do fago (DNA e proteínas) é o DNA, e não seu envelope protéico, que detém e transmite a informação genética. A partir daí as últimas dúvidas, já bastante elucidadas pela experiência de Avery, são finalmente dirimidas: o DNA é o núcleo do enigma dos mecanismos da hereditariedade.<sup>12</sup> Estamos em 1952...

<sup>11</sup> Suas pesquisas lhe valeram o prêmio Nobel em 1969, com Delbrück e Hershey.

<sup>12</sup> Hershey se corresponderia com Watson e o informava sobre seus trabalhos.

Assim, numa breve retrospectiva dos fatos, vimos que todas as condições científicas e institucionais estavam reunidas para tornar possível a descoberta da estrutura do DNA. Primeiro: é conhecida a sua composição química (desoxirribose, bases nitrogenadas, agrupamentos fosfato). Segundo: com os trabalhos de Chargaff, sabe-se que as moléculas de adenina e de timina, bem como as de guanina e de citosina estão emparelhadas, isto é, combinadas em duplas. Terceiro: fica claro por microscopia eletrônica que o diâmetro da molécula do DNA é de 20 Å, o que parece implicar duas cadeias desoxirribose-fosfato. Quarto: o Laboratório Cavendish de Cambridge, onde trabalha Francis Crick, é um templo da cristalografia por raios X. Vimos que Cavendish é dirigido na ocasião por Max Perutz e por Sir Lawrence Bragg, um dos fundadores deste método. Nesse laboratório trabalha também John Kendrew, o brilhante discípulo de Perutz.

## **A desafortunada Rosalind Franklin**

Enfim, e talvez principalmente, dois especialistas da cristalografia por raios X trabalhavam não longe de Cambridge, no King's College de Londres: Maurice Wilkins, de quem já se

tratou aqui, e Rosalind Franklin (1920-1958). James Watson fez dessa mulher um retrato pouco elogioso, quase às raias da vulgaridade: “Perguntava-me às vezes com o que ela se pareceria se tirasse os óculos e mudasse o penteado”, observara ele por ocasião de uma conferência que ela proferia sobre suas importantes imagens de difração cristalina do DNA por raios X, que desempenharam papel fundamental para a descoberta de Crick e Watson. Como prova, tome-se o fato de Linus Pauling haver ficado à margem do processo, mesmo sendo um grande químico cristalográfico, por não ter tido acesso, em razão de questões políticas, aos dados cruciais dessa descoberta.

Curiosamente, a leitura de *A dupla hélice* deixa a impressão de que Rosalind Franklin seria uma espécie de auxiliar técnica de Maurice Wilkins, uma boa fotógrafa, nada mais, e dona de um caráter inflexível. No entanto, ela ocupava a mesma posição de Wilkins no laboratório de King’s College: o patrão de ambos era então John Randall, que pedira somente a ela para pesquisar sobre a estrutura do DNA. Sobre essa questão, talvez Randall tenha cometido uma grave injustiça por inabilidade: Wilkins, a quem se deve, juntamente com Raymond Gosling (1926-), as primeiras imagens de difração do DNA por raios X, sentiu-se desprestigiado, tendo muito provavelmente manifestado a sua contrariedade. Quanto ao caráter de Rosalind Franklin, o ambiente geral da época para as mulheres cientistas na Inglaterra pode explicá-lo em parte.

A elas não era permitido ocupar a “alta cátedra” reservada aos professores, e parece que Rosalind nunca fora admitida nos *pubs* que freqüentavam Wilkins, Crick e Watson quando eles se encontravam. Além disso, os colégios de Cambridge não eram mistos quando ela os cursara: Newham College, onde havia estudado química física, era uma faculdade para mulheres.

Ora, apesar dessas dificuldades, ela faz duas descobertas maiores: em primeiro lugar, a da possível cristalização do DNA sob duas formas: a forma B, com 10 pares de nucleotídeos para cada volta de hélice, e que corresponde às condições fisiológicas mais correntes; e a forma A, com 11 pares de nucleotídeos por volta, encontrados às vezes quando o grau de hidratação é mais fraco (< 65%). Em segundo lugar, ela provou que a estrutura do DNA, sua “coluna vertebral” de desoxirribose-fosfato não se encontrava no interior, mas no exterior da hélice. Além disso, deve-se a ela a prova de que a estrutura *geral* do DNA é helicoidal. Os geneticistas consideram hoje que Rosalind Franklin fez mais do que preparar o terreno para Watson e Crick; ela deveria ter partilhado com eles o prêmio Nobel se estivesse viva na ocasião.

Isso é ainda mais verdadeiro se recuperarmos o fato de que Max Perutz, que se encontrava no Laboratório Cavendish, avaliara em fevereiro de 1953 o relatório de atividades do laboratório de Randall, que continha evidentemente dados elaborados por Franklin. Segundo Watson, foi Perutz quem repassara tudo a Watson e Crick, sem o devido conhecimento da jovem cientista e de John Randall.<sup>13</sup> Longe de ficar magoada, no entanto, Rosalind Franklin ter-se-ia felicitado pelo fato de suas pesquisas terem sido úteis, embora nem mesmo estivesse citada na nota histórica de abril de 1953 da revista *Nature*!

<sup>13</sup> Segundo outras fontes, esta versão inocentaria Maurice Wilkins, que seria o verdadeiro responsável pela apropriação indébita.

## A descoberta

Em sua história da genética intitulada *A lógica dos seres vivos*, François Jacob (1920-), que dividira em 1965 o prêmio Nobel com Jacques Monod (1910-1976) e André Lwoff (1902-1994) por suas pesquisas sobre o RNA mensageiro, observa que “Durante muito tempo o biólogo esteve diante da teleologia como aos pés de uma mulher sem a qual não pode ficar, mas em cuja companhia não quer ser visto em público”.<sup>14</sup> É igualmente o caso do historiador das ciências: a breve apresentação que acaba de ser feita dos quadros institucionais e conceptuais da descoberta da dupla hélice poderia dar margem a pensar que o encadeamento das circunstâncias históricas acabaria por conduzir fatalmente a essa conquista científica. Isso porque uma apresentação desta natureza não permite incluir todos os possíveis que, ao longo de suas pesquisas, foram livremente descartados por Watson e Crick. Assim, consideramos retrospectivamente que Watson teve razão de fazer sua tese no laboratório de Salvador Luria entre 1948 e 1950, e que essa experiência no Grupo Fago atuou em seu favor quando se tratou de elucidar a estrutura do DNA. Não esqueçamos, porém, que na época desta escolha Watson não se preocupava com a estrutura em questão. Da mesma forma, o fato de Francis Crick ter recebido uma formação inicial de física e em seguida ter-se dedicado à cristalografia, só pode ser interpretado como acaso ou sorte na medida em que ele encontrou James Watson, e que os dois fizeram livremente uma nova escolha: a de se debruçarem nos mistérios da estrutura do DNA. A história das ciências se nos oferece na forma de encadeamento de fatalidades, quando no fundo ela é encadeamento de escolhas livres efetuadas em circunstâncias determinadas. Bem preparados, bem avizinados, Watson e Crick farão, aliás, uma última opção crucial, a de sua metodologia. Watson ficara impressionado pela aparente facilidade com que Linus Pauling havia descoberto a *alfa*-hélice. O grande quími-

<sup>14</sup> JACOB, François. *La logique du vivant*. Paris: Gallimard, 1970. p. 17;



co, diz Watson, “(...) inspirara-se nas leis simples da química estrutural (...) a astúcia essencial (...) havia consistido em perguntar-se quais os átomos que gostavam de aproximar-se uns dos outros. Ao invés de papel e lápis, os utensílios de trabalho eram um conjunto de modelos que se assemelhavam *grosso modo* a brinquedos de crianças em idade pré-escolar.”<sup>15</sup> Watson, longe da cristalografia, fica tentado por essa espécie de montagem com modelos moleculares: “Não imaginávamos por que não apreendíamos a estrutura do DNA da mesma maneira. Tudo o que era preciso fazer, era construir um jogo de modelos moleculares e começar a jogar; com a sorte ajudando, a estrutura seria talvez uma hélice.”<sup>16</sup> Não se pode entretanto tomar as palavras de Watson ao pé da letra. Seu auto-escárnio e cinismo não devem toldar a seriedade de sua conduta: com apenas 23 anos ele sabia que um prêmio Nobel ficava no final da corrida da qual ele acreditava estar participando com Linus Pauling.<sup>17</sup>

As audácias teóricas de Crick, que segundo Watson, elaborava uma teoria por dia, tanto quanto seu conhecimento de cristalografia, vão desempenhar papel decisivo na gênese da descoberta: os dois cientistas improvisam modelos moleculares, mas controlam a coerência dos mesmos com o real, à luz principalmente dos dados cristalográficos elaborados por Franklin, Wilkins e Gosling. O que se segue é conhecido: Watson conta como compreendeu uma manhã “que a adenina sempre emparelharia com a timina e que a guanina se uniria invariavelmente à citosina”; e prossegue: “As leis de Chargaff revelaram-se de repente como a consequência de uma estrutura de dupla hélice do DNA”.<sup>18</sup> Portanto a ordem das bases nitrogenadas é que define a informação genética da qual o DNA é portador. Ou melhor, este tipo de dupla hélice sugeria um esquema de replicação mais satisfatório que aquele anteriormente considerado por Watson. A molécula do DNA apresenta-se como uma escada torcida sobre si mesma. Os degraus desta escada são os pares de bases nitrogenadas. Porém são degraus peculiares: facilmente separáveis pelo meio (as ligações hidrogênio entre as bases são ligações fracas). Ora, se a molécula de DNA pode separar-se dessa maneira, resta sempre informação suficiente sobre cada metade para autorizar a reconstituição da outra: cada adenina se ligará com uma timina e cada guanina com uma citosina. A relação com a mitose, a divisão celular, torna-se evidente na medida em que se conhece a estrutura do DNA. Isso explica também porque cada célula de um organismo contém o conjunto da informação genética inicialmente contida no ovo do qual se originou.

<sup>15</sup> WATSON, James. *La double hélice*, p. 58.

<sup>16</sup> WATSON, James. *La double hélice*, p. 58-59.

<sup>17</sup> Muitos analistas pensam hoje que Pauling por certo se interessava pelo DNA, mas sem paixão nem ambições particulares. Deste ponto de vista, mais perigosa, no fundo, seria Rosalind Franklin, mas ela era só ou quase isso...

<sup>18</sup> WATSON, James. *La double hélice*, p. 190.

## Genética, engenharia molecular e holismo

A genética molecular nasceu verdadeiramente com essa descoberta. Algum tempo depois, no decurso dos anos 1960, foi elucidada a maneira como se realiza, nos caracteres do organismo, a mensagem da qual o DNA é portador: o RNA (ácido ribonucléico) age como um mensageiro que transmite as instruções do DNA desde o núcleo rumo à célula; essas instruções desencadeiam mecanismos enzimáticos que terminam com a elaboração das diversas moléculas protéicas, necessárias à construção do organismo. Francis Crick foi o primeiro a conceber a hipótese de que o primeiro material genético não é o DNA, mas o RNA. Ele também enunciou o “dogma central”, que fez sucesso nos anos 1970, segundo o qual a informação genética circula em sentido único: do DNA para o RNA primeiramente, depois em direção às proteínas. As proteínas jamais se codificam pelo RNA, nem conseqüentemente pelo DNA. Recentemente, a possibilidade técnica de cortar e de modificar as moléculas de DNA a fim de alterar seu código inicial, isto é, de intervir sobre os genes e as proteínas que eles produzem, e em seguida de transmiti-los a um outro organismo, abriu horizontes promissores em vários campos. Pode-se assim recolher insulina “humana” de enterobactérias como *Escherichia coli*! Ao final, terapias gênicas poderão certamente ser desenvolvidas, uma vez que as doenças genéticas são causadas por genes deteriorados: estes codificam imperfeitamente esta ou aquela proteína. A tecnologia dos organismos geneticamente modificados (OGM) tornou-se igualmente possível pelos desenvolvimentos da genética molecular.<sup>19</sup>

Afora os perigos que podem ser causados por essas técnicas oriundas da genética molecular, bem como os problemas éticos que elas fazem surgir (pensamos na clonagem terapêutica do embrião humano, entre outras), os biólogos molecularistas formularam, desde o começo, um problema maior: o de seu imperialismo disciplinar. No entusiasmo dos anos 1960, seu reducionismo triunfante drenou o essencial dos créditos alocados para as pesquisas de ponta em biologia: pretendia-se explicar tudo, curar tudo, pela genética molecular. Matemáticos, físicos invadiram os laboratórios de genética. É preciso reagir, não em detrimento da abordagem molecularista, mas compreendendo que a abordagem global, “holística”<sup>20</sup>, deve complementá-la: um sistema vivo não é redutível a um arranjo molecular complexo. Guardemo-nos de construir tal imagem do mundo: empobrecendo assim o real, acabaremos parecidos com ele.

<sup>19</sup> Não é o caso de chamar aqui a atenção sobre os perigos provocados pela rapacidade das grandes companhias biotecnológicas, principalmente norte-americanas, que ameaçam toda a biosfera, introduzindo nela organismos que não foram selecionados pelos mecanismos darwinianos.

<sup>20</sup> Holismo: do grego *holos*, Todo.

Pascal Acot é filósofo, doutor em Letras e historiador da Ciência no Centro Nacional de Pesquisa Científica, França. [acot@univ-paris1.fr](mailto:acot@univ-paris1.fr)

Texto traduzido por Zília Mara Scarpari.