

# XV

## HISTÓRIA DO DNA E EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

*Nadir Ferrari*

*Neusa Maria John Scheid*

### **Refletindo ...**

Queremos mostrar aqui que a história da ciência é relevante na educação científica porque pode propiciar a apropriação, pelas pessoas, do significado da ciência. Neste sentido, estamos atribuindo a ela um lugar de onde pode iluminar a busca por uma compreensão da natureza da atividade científica, de como é produzido o conhecimento científico e de como trabalham os cientistas. A educação é a questão mais importante a discutir se almejamos um mundo melhor. Existem outras questões muito importantes, como, por exemplo, condições sociais dignas para todos, o que inclui o direito a todos os exames e procedimentos em saúde, bem como moradia, transporte e trabalho. No entanto, a educação é primordial, pois prepara as pessoas para lutar por esses seus direitos. Estamos considerando aqui a educação humanista, emancipadora, aquela que busca a formação de pessoas que se sintam parte e comprometidas com o meio em que vivem, tanto com o cotidiano imediato como com questões mais abrangentes; pessoas capazes de compreender minimamente as questões políticas, econômicas, científicas e culturais de modo a tomar decisões autônomas em relação a assuntos que afetam sua vida e/ou a sociedade, no presente ou no futuro.

A educação como um todo é importante, a educação formal, nas escolas, e a não formal, que acontece em outros espaços. Vamos tratar aqui da história da ciência, focalizando como exemplo a história do DNA, porque ela pode contribuir

para a educação por meio da problematização de concepções sobre a origem, a possibilidade e a essência do conhecimento.<sup>1</sup>

Vamos falar aqui sobre a importância da história da ciência no ensino de genética para a formação da pessoa leiga em ciência, pois uma parcela muito pequena das pessoas que iniciam sua escolaridade chega à universidade. Dentre estas, uma parcela ainda menor ingressa em cursos que formam cientistas da área biológica ou da saúde. É importante preparar os estudantes, nos vários níveis de ensino, também para a eventualidade de continuarem seus estudos e virem a trabalhar com pesquisa científica. Entretanto, quando ensinamos genética para formar cidadãos estamos preparando também melhores cientistas, conscientes das possibilidades e limitações do conhecimento científico objetivo, mas nunca neutro. E neste sentido a história da ciência tem um papel fundamental, pois seu conhecimento pelo professor predispõe a um ensino menos dogmático e mais crítico.

A imensa maioria da população tem percepções e julgamentos sobre questões científicas influenciados unicamente por crenças e preconceitos, porque desconhecem a natureza do conhecimento científico, as formas como ele é produzido. A tendência, nesses casos é ver uma relação linear, direta, entre conhecimentos científicos, tecnologias e bem estar social, ou então em ver o conhecimento científico como responsável pelos males da sociedade atual, ou ainda desconhecer as diferenças entre conhecimento científico e conhecimento do senso comum. O ensino de genética deve possibilitar que as pessoas aceitem ou rejeitem informações científicas porque sabem como elas são justificadas, no que estão baseadas, e isto fica muito bem explicitado quando olhamos para a forma como as idéias científicas surgem, como elas se estabelecem, como se estruturam em totalidades e como passam a ser aceitas por uma comunidade científica.

A preocupação principal é oportunizar o aprendizado em ciências a pessoas que não se tornarão cientistas. Neste contexto, os detalhes passam a ser menos importantes. Não se trata de apresentar a ciência como algo fácil, porque não é. Mas há muitas coisas importantes em ciência que podem ser aprendidas sem se entrar nos detalhes técnicos.

A dificuldade que por vezes sentem os professores de ensino médio em ensinar genética está relacionada à visão positivista e estática da ciência que eles têm, que obsta a compreensão da dinâmica da construção do conhecimento da genética diante dos avanços que vêm ocorrendo neste campo (Scheid 2001). Compreender

---

<sup>1</sup> Estas categorias foram elaboradas por Hessen, 1994.

o desenvolvimento histórico da genética auxilia na compreensão dos conceitos fundamentais e dos métodos desta ciência, e contribui para a mudança de postura dos professores.

### **Pesquisando ...**

Os professores, particularmente os de biologia, ainda fazem pouco ou nenhum uso da história da ciência, apesar dos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil 1999) reconhecerem que ela pode desempenhar um papel importante na educação científica, e do número crescente de pesquisas que defendem uma abordagem histórica no ensino das ciências (Gagliardi e Giordan 1986; Cicillini 1992; Alfonso-Goldfarb 1994; Martins 1998; Guerra *et al.* 2000; Peduzzi 2001, dentre outros). Os livros e manuais didáticos são as principais, senão as únicas, fontes de acesso à história da ciência durante a formação inicial dos professores, mas estes não contribuem para a aquisição de uma concepção de ciência como atividade coletiva, situada histórica e socialmente (Leite 2004).

A dificuldade de acesso à bibliografia, principalmente em português, que os professores encontram quando procuram apropriar-se de uma perspectiva histórica da ciência, já foi relatada por Slongo 1996; Martins 2000a e Delizoicov 2002, o que aponta para a importância da elaboração de textos que façam a intermediação entre historiadores da ciência e professores. Isto nos motivou a apresentar uma seleção comentada de relatos históricos sobre a proposição e aceitação do modelo de dupla hélice para o DNA, como um exemplo de texto que pode servir de fonte para professores.

### **O modelo de dupla hélice do DNA**

Vários livros já foram escritos sobre a história do modelo atualmente aceito para descrever a molécula de DNA (Watson 1968; Olby 1994; Strathern 2001; Hausmann 2002; Ferreira 2003), além de centenas de artigos em periódicos internacionais de grande impacto como *Nature* e *Science*, ou revistas de divulgação científica como a *Ciência Hoje*.

Estes trabalhos históricos, alguns deles de autores que acompanharam pessoalmente o desenvolvimento da biologia molecular, revelam a participação de muitos pesquisadores na construção deste fato científico. Revelam também que, embora os eventos tenham sido cruciais para a biologia, eles envolveram muitos físicos e químicos.

No presente texto a concepção de ciência que norteia a interpretação dos relatos sobre a evolução do conhecimento científico que culminou na proposição do modelo de dupla hélice para a molécula do DNA e sua aceitação pela comunidade científica está em sintonia com a visão epistemológica de Ludwik Fleck (1896–1961). Este autor, além de atuar na área médica como clínico e pesquisador nas áreas bacteriológica, microbiológica e imunológica, manteve uma produção importante no campo da epistemologia (Da Ros 2000; Delizoicov *et al.* 2002) e tem sido usado recentemente como referencial em trabalhos brasileiros sobre história e filosofia da ciência (Delizoicov 1999; Leite, Ferrari e Delizoicov 2001; Scheid, Delizoicov e Ferrari 2003).

Fleck escreveu seu livro “*La Génesis y el Desarrollo de un Hecho Científico*” (1986a) com o intuito de contrapor-se à concepção de ciência do Círculo de Viena. Este livro foi publicado pela primeira vez, em alemão, no ano de 1935, ficando esquecido por muitos anos. Somente em 1962, Thomas Kuhn faz menção à obra de Fleck no prefácio de seu livro “*A Estrutura das Revoluções Científicas*” (Kuhn 2001). Este fato foi determinante para que a obra de Fleck viesse a público.

Fazendo considerações sobre as compreensões e práticas estabelecidas pela ciência médica, Fleck introduziu os conceitos de estilo de pensamento e coletivo de pensamento, afirmando que o ato de conhecer é uma atividade que está ligada aos condicionantes sociais e culturais do sujeito pertencente a um coletivo de pensamento. Para ele, fato científico é uma construção em um complexo processo de interações sociais através do tempo, que não se constrói por meio de rupturas radicais entre os vários estilos de pensamento, mas evolui de um modelo para outro como uma rede de relações entrecruzada e construída pelo coletivo de pensamento. Este coletivo pode ser entendido como uma comunidade de indivíduos que compartilham práticas, concepções, tradições e normas. Cada coletivo de pensamento possui uma maneira singular de ver o objeto do conhecimento e de relacionar-se com ele, determinada pelo estilo de pensamento que possui.

A seguir, na seqüência dos relatos sobre a construção do fato científico representado pela proposição de uma estrutura para o DNA, tentaremos evidenciar como o desenvolvimento da ciência se dá por meio de estágios permeados por estilos específicos de pensamento, peculiares a cada época.

### **Surge a biologia molecular ...**

O modelo de dupla hélice para a estrutura do DNA foi um acontecimento importante para a genética, pois impulsionou o desenvolvimento do conhecimento em “biologia molecular”, termo proposto por Warren Weaver, da Fundação Rockefeller,

em um relatório publicado na revista *Science*, em 1938, para descrever como os fenômenos biológicos podem ser compreendidos fundamentalmente pelo conhecimento das estruturas das moléculas e das interações e das alterações destas, e que gradualmente foi sendo utilizado para designar mais especificamente as pesquisas relacionadas aos genes (Weaver 1970; Nouvel 2001; Meneghini 2003).

Em 1869, quando os antibióticos ainda eram desconhecidos e as infecções hospitalares muito comuns, o médico, fisiologista e químico orgânico suíço Friedrich Miescher (1844–1895), trabalhando com células purulentas, extraiu uma substância, que chamou de nucleína e que hoje conhecemos como sendo o DNA. Embora tenha publicado esse trabalho, não encarou a nucleína como portadora de informação genética, e seu trabalho foi pouco relevante no meio científico da época, que via as proteínas como as únicas moléculas com a complexidade estrutural necessária ao material genético (Olby 1994; Mayr 1998; Gouyon 2000). O estado do conhecimento da época permitia considerar as proteínas como candidatas mais prováveis a material genético, porque se pensava que a estrutura do DNA era mais simples quando comparada à das proteínas. Esse estado do conhecimento imprimiu nos cientistas um estilo de pensamento, isto é, uma determinada abordagem para a busca de soluções dos problemas que pode ter sido responsável pelo seu desinteresse em buscar entender como o DNA poderia ser a molécula portadora dos genes. A *harmonia das ilusões*, que vamos comentar a seguir, dificultava a percepção das evidências de que o DNA continha o material genético.

A produção do conhecimento, segundo Fleck (1986), ocorre num processo dinâmico de instauração, extensão e transformação do estilo de pensamento. Para Fleck (1986a), quando a teoria dominante ou estilo de pensamento se instaura, passa por um período clássico constituindo a *harmonia das ilusões* e, nesta fase, só se observam fatos que se encaixam perfeitamente na teoria dominante. Conforme o autor, a epistemologia não deve apenas considerar a relação bilateral entre sujeito e objeto para a construção do conhecimento, mas deve considerar o estado de conhecimento como um terceiro componente desta relação, para ligar o conhecimento ao conhecer. Na biologia molecular, como afirma Mayr (1998, p.909),

*“conquanto muito se tenha aprendido sobre a composição química do DNA, durante as primeiras décadas do século, poucos progressos foram feitos na compreensão da molécula como um todo e da sua atuação biológica.”*

A afirmação do autor pode significar que o estilo de pensamento dos pesquisadores daquela época levou à interpretação dos fatos de uma maneira dirigida – a harmonia das ilusões – que impediu a percepção de outras formas e de outros fatos.

Os relatos de Hausmann (2002) e de Mayr (1998) indicam que, talvez devido à sua formação, Miescher se dedicou mais a questões fisiológicas ou puramente químicas em vez de questões genéticas. Conforme Mayr (1998, p. 903), ele declarou, em 1872, que seu desejo era ocupar-se com

*“os aspectos fisiológicos da nucleína, sua distribuição, sua associação química, seu aparecimento ou desaparecimento no corpo, sua transformação.”*

Isso, de acordo com Fleck (1986a), reflete uma das etapas do desenvolvimento do estilo de pensamento, que é o ver formativo direto e desenvolvido. Os iniciantes em um coletivo são preparados, treinados, doutrinados a olhar o “mundo”, elaborar problemas e buscar respostas em sintonia com o estilo de pensamento inserido em um determinado coletivo de pensamento. Este processo determina que ao “olhar” para o objeto, o membro de um coletivo apresente um estilo de pensamento que orienta sua prática e guia o que observar, o que olhar e como olhar.

Miescher, inserido num contexto histórico-cultural, mediado por um estilo de pensamento, contribuiu com o impulso inicial para o entendimento da biologia molecular. No entanto, pode-se inferir que se o conhecimento sobre a natureza química do material genético não avançou mais rapidamente após os trabalhos de Miescher foi porque a comunidade científica partilhava de um estilo de pensamento que a levava a acreditar que a nucleína, extraída apenas do núcleo das células, era uma substância simples demais para dar conta da arquitetura incrivelmente complexa do material genético. Por muitos anos a questão da natureza do DNA passou a ser assunto da química, envolvendo muitos pesquisadores na tarefa. Por volta de 1930 se obteve o conhecimento de que todas as células dos animais e das plantas possuíam tanto DNA como RNA, mas com idéias ainda muito vagas sobre o papel dessas substâncias nas células.

As bases nitrogenadas citosina, guanina, adenina e timina haviam sido identificadas, na virada do século, por Albrecht Kossel (1853–1927) (Olby 1994). O modelo aceito na época era o proposto por Phoebus Aaron Levene (1869–1940), que descrevia o DNA como uma molécula relativamente pequena, com uma estrutura longitudinal, constituída por um eixo de desoxirribose e fósforo, ao qual as bases nitrogenadas se conectavam (Olby 1994; Mayr 1998). A idéia corrente naquela época sugeria que a informação genética deveria ser transportada por quantidades diferentes de cada base, mas a teoria tetranucleotídica de Levene previa que o DNA possuía quantidades iguais das quatro bases e, portanto, uma estrutura muito simples. Entretanto, Erwin Schrödinger, um dos pioneiros da mecânica quântica sugeriu em seu livro publicado em 1944 e intitulado *O que é Vida?* que os gene

seriam cristais aperiódicos, formados de arranjos de diferentes elementos isômeros, o que atualmente poderia ser chamado de blocos de construção ou nucleotídeos, em cujas variadas seqüências seriam codificadas as diferentes informações genéticas (Schrödinger 1997).

Outras complicações no modelo de Levene surgiriam, depois que o conhecimento sobre a composição química do DNA se ampliou, entre os anos de 1930 e 1940, e formou-se o conceito de macromoléculas polimerizadas. As técnicas laboratoriais necessárias para o estudo de grandes moléculas (centrifugação, filtragem, absorção de luz, entre outros) passaram a ser empregadas e as moléculas de DNA, para grande surpresa de todos, revelaram-se bem maiores do que se esperava (MAYR 1998). Paralelamente, aconteceram os experimentos com pneumococos, publicados em 1927 por Frederick Griffiths (1877–1941). Trabalhando com duas cepas destas bactérias, uma patogênica e outra não patogênica, ele observou que havia uma substância capaz de transformar os pneumococos não patogênicos em patogênicos. Avery, MacLeod e McCarthy, que trabalhavam no Instituto Rockefeller em Nova Iorque, chamaram a substância encontrada por Griffiths de “*princípio transformador*” e, utilizando a mesma técnica básica de Griffiths, realizaram experimentos que os levaram a propor que o DNA fosse a molécula responsável pela transformação (Mayr 1998; Strathern 2001).

As evidências experimentais representavam complicações no modelo baseado na teoria tetranucleotídica. Entretanto, a *coerção de pensamento* que caracteriza o estilo de pensamento levava o coletivo de pensamento dos cientistas a continuar considerando o DNA como uma molécula sem complexidade suficiente para ser material genético. As bactérias não eram aceitas por toda comunidade científica como sendo geneticamente comparáveis aos outros seres vivos, dando origem à suspeita de que o *princípio transformador* poderia ser algo exclusivo desses seres primitivos. Mesmo assim, a publicação dos resultados de Avery e seus colaboradores ocasionou uma grande demanda de pesquisas sobre ácidos nucleicos (Mayr 1998; Hausmann 2002).

O bioquímico Erwin Chargaff (1899–1985) mediu, em 1949, o conteúdo das bases de DNA extraído de células de quatro espécies diferentes: bezerros, carneiros, fermento e bacilo da tuberculose. Concluiu que em qualquer espécie a quantidade de adenina (A) é muito semelhante à de timina (T), e da mesma maneira a quantidade de guanina (G) é semelhante à da citosina (C), estabelecendo a chamada regra de Chargaff, que refutava a teoria tetranucleotídica (Almeida 2003; Ferreira 2003).

Para Fleck (1986a) há uma conexão entre o estilo de pensamento de uma época e os conceitos que são considerados pertinentes para a mesma época. Haveria,

portanto, um condicionamento histórico-cultural caracterizado por certa regularidade histórica no desenvolvimento do pensamento em que primeiramente é notada uma época clássica na qual todas as idéias são concordantes entre si. Em seguida, começam a se estabelecer algumas exceções, que constituem as complicações. O processo de construção de um fato científico se dá na interação do sujeito com o objeto, mediado pelo estilo de pensamento e coletivos de pensamento envolvidos.

No início da década de 1950 cientistas das mais diversas especialidades (virologistas, físicos, químicos e biólogos moleculares, entre outros) estavam interessados em estudar o DNA. Hausmann (2002) cita a importância que tiveram os cursos de verão no laboratório Cold Spring Harbor, nos Estados Unidos, a partir de 1945, quando se reuniu pela primeira vez um pequeno grupo de pesquisadores que estudavam os vírus que infectam bactérias, os bacteriófagos, ou fagos. Esses cursos repetiram-se por mais de duas décadas e, segundo o autor, traduziam para a prática as teorias expressas no livro de Schrödinger, desempenhando um papel essencial no começo da biologia molecular. Os pesquisadores desse grupo, chamados Grupo Fago, ocupavam-se em entender a questão da origem de mutações, a síntese protéica dirigida pelo fago e o mecanismo de auto-replicação do fago, entre outros aspectos relacionados com a ação dos ácidos nucléicos presentes no interior desses seres vivos.

Três laboratórios estavam trabalhando no sentido de entender como os três tipos de moléculas – bases nitrogenadas, desoxirribose e fosfato – se ligavam no DNA: o do *Caltech* (*California Institute of Technology*), em Pasadena; o do *King's College*, de Londres, e o do *Cavendish*, em Cambridge (Mayr 1998).

### **A interdisciplinaridade da biologia molecular**

Nesses três laboratórios, os pesquisadores buscavam um modelo para a estrutura do DNA, com o objetivo de entender sua atuação biológica e merecer o reconhecimento da comunidade científica.

No *Caltech*, quem estava envolvido nesse trabalho era Linus Pauling, que já havia proposto o modelo de alfa hélice para as proteínas. Além de ganhar o prêmio Nobel em química em 1954, recebeu também o Nobel da Paz, em 1962, por seu envolvimento em favor dos Direitos Humanos em vários lugares do mundo (Coutinho, 1998; Ferreira 2003; Hausmann 2002).

Entre os membros do Laboratório de *Cavendish* estava Francis Harry Compton Crick que nasceu em Northampton, Inglaterra, em 1916. Formado em Física pelo *University College*, de Londres, ele também leu o livro de Schrödinger. Estimulado pela leitura, resolveu estudar problemas da biologia e, durante algum tempo, tentou

aplicar seu conhecimento de física ao estudo de células e tecidos (Coutinho 1998; Ferreira 2003).

Segundo Ferreira (2003), Crick trabalhou anteriormente com dois outros cristalografos, Van e Cochran, no problema sobre quais seriam as características especiais que se devia esperar nas figuras de difração por raios X de moléculas em forma de hélices. Em 1951, quando já havia adquirido técnicas e conhecimentos fundamentais em cristalografia, começou a trabalhar com James Watson (Coutinho 1998).

James Dewey Watson nasceu em Chicago, em 1928. Ingressou na Universidade de Chicago aos 15 anos e doutorou-se em 1950, aos 22 anos, pela Universidade de Indiana, em Bloomington, com o geneticista Salvadore Luria, do Grupo Fago. Na opinião de Strathern 2001, e de Ferreira 2003, seu trabalho com Luria e a leitura do livro de Schrödinger foram decisivos no direcionamento de suas pesquisas para a química do gene.

Em 1951, Watson ingressou no *Cavendish* e iniciou um trabalho com Crick, objetivando propor uma estrutura para o DNA, embora este não fosse um projeto oficial (Olby 1994; Hausmann 2002). Na unidade de cristalografia por raios-X do *Cavendish* trabalhava Max Perutz, biólogo nascido em Viena, interessado em determinar a estrutura da hemoglobina. O diretor do *Cavendish* era Sir Lawrence Bragg, que ao lado de seu pai Sir William Bragg, havia desempenhado um papel proeminente na criação da cristalografia por raios-X. Essa técnica havia permitido à visão humana estender-se além do alcance da luz, pois, por mais potente que um microscópio seja, ele só pode ver objetos maiores que o comprimento de onda da luz (Strathern 2001; Ferreira 2003).

Em novembro de 1951, Watson participou de um seminário coordenado por Rosalind Franklin, que trabalhava no *King's College*, em Londres, ao lado de Wilkins, um amigo de Watson. Durante o seminário, Franklin sugeriu uma estrutura helicoidal para o DNA, a partir dos dados de suas fotos de difração de raios X. Na concepção de Franklin, o DNA consistiria em algo entre duas e quatro cadeias helicoidais entrelaçadas. Cada hélice teria uma coluna vertebral de fosfato-açúcar, com bases nitrogenadas ligadas a ela (adenina, guanina, timina, citosina). Essas bases pareciam estar presas no interior da hélice, possivelmente formando ligações entre as cadeias helicoidais (Strathern 2001).

Com esses dados na memória, Watson construiu, juntamente com Crick, um modelo para a estrutura do DNA, que ambos apresentaram em uma reunião com os pesquisadores do *Cavendish* e com a equipe de Franklin e Wilkins. Franklin logo percebeu as falhas, pois o modelo não correspondia aos seus dados de difração dos raios X. Em seu seminário, ela havia apresentado a difração de uma das formas do

DNA, a forma A (desidratado). Assim, as fotografias que Watson e Crick utilizaram para construir o modelo eram de uma molécula que tinha muito menos água do que deveria ter. Para montar uma estrutura mais aceitável deveria ser prevista uma maior quantidade de água (Strathern 2001; Ferreira 2003).

Após essa reunião, Sir Lawrence Bragg, chefe do *Cavendish*, proibiu que Watson e Crick continuassem o trabalho com DNA, deixando o domínio do assunto exclusivamente para o *King's College*. Crick recebeu ordem de voltar para seu trabalho sobre proteínas e Watson, por sua vez, foi encorajado a retornar para seu próprio campo, os fagos (McGrayne 1994; Hausmann 2002).

Nesse ponto, podemos identificar a importância da contribuição individual do sujeito. Embora a construção do conhecimento seja um empreendimento coletivo, isto não quer dizer que não se tenha em conta o indivíduo como fator epistemológico (Fleck 1986a). As condições desfavoráveis foram superadas por Watson e por Crick, graças à ambição ilimitada que possuíam, e aos esforços que estavam dispostos a fazer para alcançar seu objetivo de propor uma estrutura para o DNA. O estudo dos fagos era, segundo o próprio Watson (1968, p. 91), “*a fachada perfeita para disfarçar meu persistente interesse no DNA*”. A atitude de Crick, mais explicitamente rebelde, era a de afirmar que ele poderia ter sido proibido de trabalhar com o DNA, mas não de pensar sobre ele (Strathern 2001). Essas atitudes individuais só tiveram sucesso porque repercutiram significativamente sobre o trabalho coletivo que se estabeleceu a partir desses posicionamentos surgidos em momentos socialmente apropriados.

Para Fleck (1986a), os muitos empreendimentos fracassados e os erros cometidos são partes do material de construção de um fato científico. Se na ciência não se pode jamais alcançar a verdade absoluta, o que realmente interessa é o caminho percorrido para se aproximar da verdade, não importando os erros que se cometem ao longo do mesmo.

Com a eminência da publicação de um modelo de estrutura do DNA por Pauling, fato que comentaremos mais adiante, Watson e Crick foram autorizados a reativar, oficialmente, suas pesquisas sobre a estrutura da molécula de DNA (McGrayne 1994; Hausmann 2002) e então construíram um modelo em escala do que acreditavam ser a molécula de DNA, “*baseados em todo tipo de informação disponível à época*” (Brown 1999, p. 26).

Para ter sucesso, o modelo tinha que obedecer às leis da química e considerar os resultados de duas outras investigações sobre a estrutura do DNA, a realizada por Chargaff, em Nova Iorque, estabelecendo as proporções de bases na composição da molécula, e aquela feita por Rosalind Franklin e Maurice Wilkins, em Londres, que permitia inferir que o DNA é uma molécula helicoidal (Roberts 1993; Hausmann



2002). Outro membro da comunidade científica do *Cavendish* que contribuiu com o trabalho sobre a estrutura do DNA foi o físico-químico e cristalógrafo, Jerry Donohue que argumentou, com base em seus conhecimentos sobre a estrutura das bases nucleotídicas, que o emparelhamento de bases idênticas era improvável, devido à diferença de tamanho entre um par de purinas e um par de pirimidinas (Almeida 2003; Gribbin 1985).

Embora os nomes de Watson e Crick sejam os mais citados nos textos sobre DNA, Maurice Wilkins e Rosalind Franklin também tiveram um papel importante na produção do conhecimento sobre a estrutura da molécula.

Wilkins, que partilhou o Prêmio Nobel com Watson e Crick, em 1962, nasceu em 1916 na Nova Zelândia e estudou física no *St. John's College*, em Cambridge. Em 1944, trabalhou na Universidade da Califórnia no Projeto Manhattan, que criou a primeira bomba atômica. Depois da guerra, desiludido com a física, passou a se interessar por biologia molecular, influenciado pelo livro de Schrödinger e foi trabalhar na unidade de biofísica do *King's College*, em Londres, em 1946, na obtenção de imagens de DNA com difração de raios X (Coutinho 1998; Strathern 2001; Hausmann 2002).

Rosalind Elsie Franklin nasceu em Londres, em 1920. Estudou na escola feminina *St. Paul's*, em Londres, onde fez cursos de física e química. Em 1938, entrou para a Faculdade Newnham, para mulheres, da Universidade de *Cambridge*, onde se formou em 1941. Obteve seu doutoramento em físico-química, na Universidade de *Cambridge*, em 1945, e passou a trabalhar com cristalografia (McGrayne 1994). Em 1951, foi contratada pelo *King's College* da Universidade de Londres, para integrar uma equipe interdisciplinar de físicos, químicos e biólogos (McGrayne, 1994; Maddox 2002). Em maio de 1952, obteve uma fotografia de difração de raios X de DNA que evidenciava uma molécula em forma de hélice (McGrayne, 1994).

Em 1953, Linus Pauling escreveu, no *Caltech*, Califórnia, um esboço de artigo sobre a estrutura do DNA, propondo uma tripla hélice, e enviou-o para a crítica de seu filho, em *Cambridge*. Watson teve acesso a esse artigo, e Rosalind também. Watson, além disso, teve acesso, por intermédio de Wilkins, à fotografia obtida por Rosalind da forma B, úmida, do DNA (McGrayne 1994; Strathern 2001).

Conforme relato do próprio Watson (1968), ele e Crick, tinham trabalhado com fotos mais antigas do DNA e nem sequer haviam suspeitado de suas duas formas, a úmida (B) e a seca (A).

Esta não foi a única vez que os dados obtidos por Franklin foram transmitidos a Watson e Crick de forma não convencional. Nos primeiros dias de fevereiro de 1953, Max Perutz, um jovem cristalógrafo que chefiava uma unidade de pesquisa



em *Cambridge*, forneceu a eles, sem o conhecimento de Franklin, o relatório de dezembro de 1952 do departamento de Randall, que continha os dados quantitativos inéditos fornecidos por ela. Almeida (2003, p. 6) ressalta que “*essas ocorrências não vieram à tona em artigos científicos, mas em eventos paralelos*”.

Em 1953, em um artigo de 900 palavras, Watson e Crick propuseram uma estrutura que é aceita pela comunidade científica e com a qual, em 1962, ganharam o almejado prêmio. No mesmo número da revista *Nature*, Wilkins publicou o artigo em que discute a interpretação das fotos de difração de raios-X (Wilkins, Stokes e Wilson 1953) e Franklin o artigo em que apresenta resultados de difração das formas A e B de DNA (Franklin e Gosling 1953). Wilkins partilhou o Nobel com Watson e Crick, mas Franklin já havia falecido e o prêmio só é concedido a pessoas vivas.

### **Implicações para o fazer e para o aprender ciência**

A aceitação do modelo de dupla-hélice foi o ponto de partida para que o círculo de saber esotérico, definido por Fleck (1986b) como formado pelos produtores do conhecimento, começasse a trabalhar, tendo como orientação essa estrutura da molécula de DNA. Este modelo foi consequência lógica de várias décadas de investigações realizadas por inúmeros cientistas, predecessores e contemporâneos ao fato científico, cujas observações ou teorias foram imprescindíveis como etapas de produção científica. A importância da circulação de idéias entre diferentes áreas do saber, que pode originar interesses comuns, é ilustrada pelo fato de vários especialistas, de diversas áreas, terem trabalhado na elucidação da estrutura do DNA, inspirados pelo livro de Schrödinger, onde ele apresentava sua idéia sobre a natureza química do material genético.

No exemplo analisado, pode-se afirmar que a circulação intercoletiva de idéias (entre diferentes círculos esotéricos) foi fundamental para que se chegasse ao estabelecimento de um modelo de estrutura do DNA. Também a circulação entre os círculos exotéricos, formados pelos indivíduos que, de uma ou outra forma, consomem o conhecimento produzido num círculo esotérico, foi fundamental. Linus Pauling, químico, contribuiu fornecendo como referência o modelo de estrutura das proteínas. Wilkins e Franklin, ambos físicos, contribuíram com seus experimentos de cristalografia por raios-X. Também foi indispensável o conhecimento químico que permitiu que a estrutura das bases nitrogenadas e dos outros componentes da molécula do DNA fosse determinada, assim como uma circulação entre os conhecimentos construídos nos séculos XVII ou XVIII, ou talvez até nos séculos

anteriores, o que levou Silver (2003, p. 440), a escrever que *“a hélice dupla deve muito a Lavoisier”*.

Fleck (1986a, p.154) afirma que

*“a complexa estrutura da sociedade moderna leva consigo que os coletivos de pensamento se interseccionam e inter-relacionam de formas diversas, tanto temporal quanto espacialmente. (...) Quanto mais especializada, quanto mais restrita em seu conteúdo é uma comunidade de pensamento, mais forte é o vínculo de pensamento entre seus membros.”*

Isso, no entanto, não implica na desconsideração da contribuição individual.

Fleck (1986a) afirma que o fato científico é resultado de um contexto histórico mediado por um estilo de pensamento como fruto do trabalho de um coletivo. Segundo o autor, o conhecer é uma atividade condicionada socialmente, sendo muito difícil considerar à parte as contribuições individuais. A atividade científica tem um caráter social, e a forma como pensamos ou vemos está condicionada pelo coletivo de pensamento ao qual pertencemos e que se encontra inserido em um quadro histórico, determinado pelo estilo de pensamento. Poderíamos dizer que o modelo para a estrutura da molécula de DNA, produzido por este coletivo de pesquisadores, inaugurou um estilo de pensamento que tem sido o norteador da pesquisa em biologia molecular. Com esse estilo de compreensão do ser vivo, abriu-se a possibilidade de modificá-lo através da engenharia genética, o que passou a suscitar questões éticas importantes, cuja discussão requer um conhecimento sobre a natureza da ciência, adquirido por meio do conhecimento de sua história.

### **Finalizando ...**

Devemos ressaltar que este é um trabalho de intermediação entre a história da ciência e a educação científica, sujeito às revisões que demonstram o dinamismo da própria história da ciência, considerando-se que

*“A utilização de novas fontes, bem como um melhor uso das fontes e o surgimento de novas técnicas de pesquisa deve levar a descrições históricas melhores, abordando aspectos que não eram conhecidos anteriormente.”*

(Martins 2000b, p. 46.)



Este tipo de texto auxilia os professores a repensarem suas concepções sobre ciência e a atuarem de forma menos dogmática quando ensinam, pois

*“... as concepções do professor sobre o que é a ciência influenciam não só o que ele ensina mas também como ensina.”*

(Santos 1991, p.38.)

Pensamos que o ensino de genética deve possibilitar uma educação científica, mais do que a formação de cientistas. Uma pessoa cientificamente educada conhece a natureza da ciência, sabe que o conhecimento científico é coletivamente construído, historicamente situado. Isto significa considerar o conhecimento científico produzido por um coletivo e não como obra individual de alguns iluminados. Significa não ser empirista, isto é, não pensar que o conhecimento científico é obtido exclusivamente com base nos dados da observação e da experiência; não ser idealista, isto é, não pensar que o conhecimento é puramente baseado em teorias, em idéias, sem considerar dados obtidos a partir de observações e experimentos; não ser relativista, isto é, não considerar apenas os aspectos sociológicos, antropológicos e ideológicos na construção do conhecimento científico, borrando as diferenças entre o conhecimento científico e o conhecimento do senso comum.

Conhecer a história das explicações, das teorias, localizar os elementos que contribuíram para a instalação de um determinado modo de ver um fenômeno ajuda-nos a visualizar o tripé que, de acordo com Fleck (1986a), resume a natureza do conhecimento científico: o dado empírico, o observador e o estado do conhecimento. Além disso, a história da ciência evidencia as relações não lineares entre ciência, tecnologia e bem estar da sociedade, isto é, que outros fatores, externos à ciência, podem fazer com que os produtos da ciência levem a uma sociedade melhor, mas podem também aumentar as desigualdades sociais, potencializar os efeitos dos conflitos e causar mais danos que benefícios ao ambiente.

## Referências bibliográficas

ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria. *O que é história da ciência?* São Paulo: Brasiliense, 1994 (Coleção primeiros passos).

ALMEIDA, Darcy Fontoura de. Erwin Chargaff (1905–2002). *Jornal da Ciência*. **2066**: 1, 2002.

———. *50 Anos de DNA: História de um*

*sucesso e de duas tragédias*. (Conferência). 49º Congresso Nacional de Genética. Águas de Lindóia/SP, 2003.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio – ciência da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da

Educação/ Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.

BROWN, Terry A. *Genética: um enfoque molecular*. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

CICILLINI, Graça Aparecida. A história da ciência e o ensino de biologia. *Ensino em Re-vista*. (1) 1: 7–17, 1992.

COUTINHO, Marília. O nascimento da biologia molecular: revolução, redução e diversificação – um ensaio sobre modelos teóricos para descrever mudança científica. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*. (15) 3: 43–82, 1998.

DA ROS, Marco Aurélio. *Estilos de pensamento em Saúde Pública: um estudo da produção da FSP/USP e ENSP/FIOCRUZ, entre 1948 - 1994*. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

DELIZOICOV, Demétrio; CASTILHO, Nadir; CUTOLO, Luiz Roberto Agea; DA ROS, Marco Aurélio; LIMA, Armênio. Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. (19) n. especial: 52–69, 2002.

DELIZOICOV, Nadir. Trajeto do sangue no corpo humano: instauração – extensão – transformação de um estilo de pensamento. *In: Atas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Valinhos-SP, 1999.

FERREIRA, Ricardo. *Watson & Crick – a história da descoberta da estrutura do DNA*. São Paulo: Odisseus, 2003.

FLECK, Ludwik. *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. Madri, Alianza Editorial, 1986a.

———. The problem of epistemology [1936]. *In: Cohen, Robert S. e Schnelle, Thomas. Cognition & Fact*. Dordrecht: Reidel Publishing Company, 1986b.

FRANKLIN Rosalind Elsie; GÖSLING, Raymond G. Molecular configuration in sodium thymonucleate. *Nature*. (171) 4356: 738–740, 1953.

GAGLIARDI, Raul; GIORDAN, André. La historia da las ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*. (4) 3: 253–258, 1986.

GOUYON, Jean Baptiste. Friedrich Miescher, trop tôt, trop tard. *La Recherche*. 336: 54–55, 2000.

GRIBBIN, John. *In Search of the Double Helix*. Nova Iorque: Mc Graw Hill, 1985.

GUERRA, Andreia et alii. A história da ciência ajuda no aprendizado de ciências? *In: Anais do VII Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia*. São Paulo, 2000.

HAUSMANN, Rudolf. *História da Biologia Molecular*. Tradução Celma E. Lynch de Araújo Hausmann. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2002.

HESSEN, Juan. *Teoria del conocimiento*. 7 ed. México: Editorial Porrúa, 1994.

KUHN, Thomas. *A estrutura das revoluções científicas*. 6 ed. São Paulo: Edusp, 2001.

LEITE, Raquel Crosara Maia; FERRARI, Nadir; DELIZOICOV, Demétrio. A História das Leis de Mendel na Perspectiva Fleckiana. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. (1) 2: 97–108, 2001.

- LEITE, Raquel Crosara Maia; FERRARI, Nadir. A história da ciência no ensino: um material de consulta para o professor. In: *Coletânea do VIII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia*. São Paulo, 2002, pp. 391–398.
- LEITE, Raquel Crosara Maia. *A Produção Coletiva do Conhecimento Científico: um exemplo no ensino de genética*. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- MADDOX, Brenda. *Rosalind Franklin, the Dark Lady of DNA*. London: Harper Collins Publishers, 2002.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. A história da ciência e o ensino da biologia. **Ciência & Ensino**. **5**:18–21, 1998.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Conversando com Roberto de Andrade Martins. *Episteme*. **11**: 7–20, 2000a.
- . Que tipo de história da ciência esperamos ter nas próximas décadas? *Episteme*. **10**: 39–56, 2000b.
- . Abordagens, métodos e historiografia na história da ciência. In: Martins, Angela Maria (ed.). *O tempo e o cotidiano na história*. São Paulo: Fundação para o Desenvolvimento da Educação, 1993, pp. 73–78.
- McGRAYNE, Sharon Bertsch. *Mulheres que ganharam o Prêmio Nobel em Ciências: suas vidas, lutas e notáveis descobertas*. Tradução Maiza F. Rocha e Renata Brandt de Carvalho. São Paulo: Marco Zero, 1994.
- MAYR, Ernest. *O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998.
- MENEGHINI, Rogério. Os gênios e o gene. *Pesquisa Fapesp*. **86**: 6–11, 2003 (Suplemento “Meio Século de uma Revolução”).
- MONAGHAN, Floyd; CORCOS, Alain. Tschermak: a non-discoverer of Mendelism. *The Journal of Heredity*, **77**: 468–469, 1986.
- NOUVEL, Pascal. *A Arte de Amar a Ciência*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2001.
- OLBY, Robert. *The Path to the Double Helix: the Discovery of DNA*. Nova Iorque: Dover Publications, 1994.
- . Why celebrate the golden jubilee of the double helix? *Endeavour*. **(27) 2**: 80–84, 2003.
- PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. Sobre a utilização didática da história da ciência. In: Pietrocola, Maurício (org.). *Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia*. Florianópolis: EDUFSC, 2001, pp. 151–170.
- ROBERTS, Royston. *Descobertas acidentais em ciências*. São Paulo: Papyrus, 1993.
- SANTOS, Maria Eduarda. *Mudança conceitual na sala de aula*. Lisboa: Livros Horizontes, 1991.
- SCHEID, Neusa Maria John. *Os conceitos de genética e as implicações na docência*. Dissertação (Mestrado em Educação nas Ciências) – Departamento de Pedagogia, UNIJUÍ, Ijuí, 2001.
- SCHEID, Neusa Maria John, DELIZOICOV, Demétrio; FERRARI, Nadir. A proposição do modelo de DNA: um exemplo de como a história da ciência pode contribuir para o ensino de genética. In: *Atas do IV Encontro*

*Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Bauru, 2003.

SCHRÖDINGER, Erwin. *O que é vida? O aspecto físico da célula viva seguido de mente e matéria e fragmentos autobiográficos*.

Tradução Jesus de Paula Assis e Vera. Yukie Kuwajima de Paula Assis. 4. ed. São Paulo: UNESP, 1997.

SILVER, Brian. *A Escalada da Ciência*.

Tradução Arno Blass. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2003.

SLONGO, Iône Inês Pinsson. *História da Ciência e ensino: contribuição para a formação do professor de biologia*.

Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

STRATHERN, Paul. *Crick, Watson e o*

*DNA*. Tradução Maria Lúcia X. A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2001.

WATSON, James Dewey. *The Double Helix: a personal account of the discovery of the structure of DNA*. London: Penguin Books, 1968.

WATSON, James Dewey; CRICK Francis Harry Compton. C. Molecular Structure of Nucleic Acids – A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature*. **(171) 4356**: 737–738, 1953.

WEAVER, Warren. Molecular Biology: Origins of the term. *Science*, **170**: 581–582, 1970.

WILKINS, Maurice Hugh Frederick; STOKES Alexander; WILSON Herbert. Molecular structure of deoxypentose nucleic acids. *Nature*, **(171) 4356**: 740–742, 1953.