

Uso de um Episódio Histórico como estratégia para o Ensino sobre Ciência: contribuições a partir de Fleck¹

RESUMO

Isis Lidiane Norato Souza
isislidiane@yahoo.com.br
[0000-0002-9461-370X](tel:0000-0002-9461-370X)
Universidade Federal do Paraná, Curitiba,
Paraná, Brasil.

Joanez Aparecida Aires
joanez.ufpr@gmail.com
[0000-0002-2925-0826](tel:0000-0002-2925-0826)
Universidade Federal do Paraná, Curitiba,
Paraná, Brasil.

Este trabalho teve como temática a História da Ciência junto à epistemologia de Fleck, visando contribuições para o Ensino sobre Ciência. O objetivo foi apresentar o episódio histórico da construção social do DNA e suas contribuições para o Ensino sobre Ciência, por meio da análise epistemológica de Fleck. Nesse sentido, buscou-se discutir alguns elementos da Natureza da Ciência e da Tecnologia que aparecem no episódio histórico escolhido. Todo(a) professor(a), ao ensinar ciências, adota uma epistemologia da ciência, mesmo que de forma inconsciente. Se esta epistemologia não for baseada na Nova Filosofia da Ciência, que se contrapõe ao positivismo lógico, certamente sua concepção de ciência tem como fundamento a empírica-indutivista. Fleck deixou como legado um modelo epistemológico que pode ser usado para análises históricas e suas categorias de análises auxiliam na compreensão dos processos da construção social da ciência. Como metodologia de pesquisa, utilizou-se a pesquisa histórica, com análises em fontes primárias. Para a metodologia de análise, foi usada a epistemologia de Fleck, por meio das seguintes categorias de análises: coletivo de pensamento, estilo de pensamento, harmonia das ilusões, emergência de um fato científico etc. Como principais resultados, percebe-se que o conhecimento científico possui um percurso histórico e social. Na história do DNA, houve primeiro a ideia sobre hereditariedade, contudo não se conhecia qual molécula era responsável pela transmissão hereditária. Após, acreditou-se dentro do coletivo e estilo de pensamento dos cientistas experientes que as proteínas eram as moléculas mais complexas e, por isso, as responsáveis pela herança genética. Por fim, o momento crucial para a história do DNA foi a representação do modelo da sua estrutura molecular como dupla hélice. James Watson (1928-) e Francis Crick (1916-2004) apresentaram um novo estilo de pensamento, bem como a emergência de um fato científico, no qual novos fatos passaram a ser discutidos e desenvolvidos na ciência. Além dos fatores internos sobre o conhecimento científico, esse episódio histórico revela algumas nuances a respeito da atividade científica, como as questões éticas, as competições entre cientistas, desigualdade de gênero etc., que são essenciais para serem apresentadas no Ensino “de” e “sobre” Ciência.

PALAVRAS-CHAVE: História do DNA. Natureza da Ciência. Epistemologia de Fleck. Coletivo de Pensamento. Estilo de Pensamento.

INTRODUÇÃO

A História da Ciência, juntamente com a epistemologia de Ludwik Fleck (1896-1961), visando o Ensino “de” e “sobre” Ciência, formam o tema da presente pesquisa. O objetivo deste trabalho é apresentar a construção social da estrutura molecular do DNA e suas possíveis contribuições para o Ensino sobre Ciência, a partir da análise epistemológica fleckiana.

Ludwik Fleck foi médico e microbiologista, judeu-polonês, sobrevivente do holocausto na Segunda Guerra Mundial. Como era especialista na vacina contra o tifo, assegurou sua vida, de sua esposa e do filho na ocasião da Guerra, trabalhando para o governo nazista (CONDÉ, 2012).

No ano de 1935, antes da guerra, Fleck escreveu sua obra magna “Gênese e Desenvolvimento de Um Fato Científico”, opondo-se à ciência empírico-indutivista. Contudo, devido às perseguições antissemitas e por trazer ideias inovadoras, que confrontavam as ideias da ciência hegemônica, seu livro não teve notoriedade na época. Quase trinta anos depois, em 1962, Fleck é citado no prefácio de “A Estrutura das Revoluções Científicas” de Thomas Kuhn, que teve grande sucesso no cenário científico e tecnológico. Ainda que citado previamente na obra kuhiana, Fleck se torna conhecido no âmbito acadêmico e sociólogos da ciência (como Robert Merton) o traduzem para língua inglesa, em 1979. Após as décadas de 1980 e 1990, a epistemologia de Fleck vai se tornando cada vez mais conhecida do grande público (CONDÉ, 2012; 2017; SCHÄFER; SCHNELLE, 2010). A tradução para o idioma português ocorreu apenas em 2010, todavia, é crescente sua utilização na pesquisa em Educação em Ciência, especialmente no Brasil (LORENZETTI; MUENCHEN; SLOGO, 2013; 2018).

De acordo com Schäfer e Schnelle (2010), Ludwik Fleck poderia ter sido um clássico da teoria da ciência, assim como foi Karl Popper (1902-1994). No entanto, a obra fleckiana não obteve êxito, pois muitos daqueles que poderiam ser seus interlocutores já haviam emigrado dos domínios germânicos. Condé (2018) afirma ainda que Fleck nos apresenta um modelo epistemológico robusto para a escrita da História da Ciência, com base na biologia e na medicina, o que o faz diferenciar de outros filósofos da ciência, que seguiram a física tradicional, como Popper e Kuhn.

Para Fleck (2010), há um terceiro elemento pertencente à percepção de fatos, a saber: o estado do conhecimento, o qual é dependente do Coletivo e do Estilo de Pensamento por uma ação coercitiva. Dessa maneira, o sujeito é treinado para perceber os fatos, seu pensamento não é individual, mas pertence a um pensamento coletivo e a um estilo de pensar, não havendo possibilidade de neutralidade nessa produção. Já o objeto se caracteriza como um fato científico, não é fixo e pode sofrer alterações, ou seja, novos fatos podem ser encontrados caso haja pensamentos novos. Nesse sentido, Fleck (2010) dispensa a ideia de fixo, pois tanto o pensamento quanto os fatos são variáveis. Os conceitos presentes em Fleck (2010) desmontam as ideias empírico-indutivistas, criticadas também em Chalmers (1993).

CAMINHOS METODOLÓGICOS

A natureza da pesquisa deste trabalho é qualitativa. O tipo de pesquisa é documental. Deste modo, a constituição de dados foi realizada a partir de fontes primárias. Considera-se como fontes primárias, de acordo com Severino (2007), as fontes de História da Ciência que possuem correlação direta com os(as) cientistas; como exemplo: manuscritos, correspondência, diários pessoais, anotações de aulas, livros e artigos científicos clássicos, bem como as fontes de caráter audiovisual, como entrevistas, fotos, vídeos. Para esta pesquisa, foi utilizada a página institucional da *Oregon State University* (Universidade Estadual de Oregon), a qual contém uma coletânea de materiais de fontes primárias. O recorte temático desta pesquisa é a história da construção social do DNA, que ocorreu na segunda metade do século XX, sendo as fontes primárias correlacionadas aos cientistas Linus Pauling, James Watson e Francis Crick (OSU LIBRARIES, s.d. a).

Os passos metodológicos seguidos foram: 1) seleção das fontes primárias, entre as quais foram selecionados vídeos, áudios, textos impressos em jornal da época, entrevistas e as narrativas históricas compostas no sítio eletrônico da página institucional da *Oregon State University* (Universidade Estadual de Oregon), todas presentes no Quadro 1; e 2) discussão e interpretação historiográfica, tendo como base a teoria do conhecimento de Ludwik Fleck, apresentada no Quadro 2. Nesse sentido, levou-se em consideração o contexto histórico e a construção coletiva do trabalho científico.

Quadro 1 – Fontes primárias consultadas

Fonte	Descrição
Artigo científico clássico de Watson e Crick (1953).	<i>Molecular Structure of Nucleic Acids: a structure for deoxyribosenucleic acid.</i> (Estrutura Molecular dos Ácidos Nucleicos: uma estrutura para o ácido desoxirribonucleico) [Tradução nossa], OSU Libraries (s.d. b).
Vídeo 1 (Duração 2'40'') (1973).	<i>Pauling Discovers the Alpha-Hélix</i> (Pauling Descobre a Alfa-Hélice) [Tradução nossa], OSU Libraries (s.d. c).
Vídeo 2 (Duração 1'20'') (1973).	<i>Pauling's Involvement with DNA</i> (O Envolvimento de Pauling com o DNA) [Tradução nossa], OSU Libraries (s.d. c).
Vídeo 3 (Duração 0'40'') (1973).	<i>Crick's Early Attitude Toward DNA</i> (Atitude Precoce de Crick em Relação ao DNA) [Tradução nossa], OSU Libraries (s.d. c).
Vídeo 4 (Duração 1'48'') (1973).	<i>Watson's Early Attitude Toward DNA</i> (Atitude Precoce de Watson em Relação ao DNA) [Tradução nossa], OSU Libraries (s.d. c).
Vídeo 5 (Duração 2'12'') (1973).	<i>Initial Investigations by Maurice Wilkins</i> (Investigações Iniciais de Maurice Wilkins) [Tradução nossa], OSU Libraries (s.d. c).
Vídeo 6 (Duração 1'38'') (1973).	<i>Developing an Idea of the DNA</i> (Desenvolvendo uma Ideia sobre o DNA) [Tradução nossa], OSU Libraries (s.d. c).
Vídeo 7 (Duração 1'53'') (1973).	<i>Building a model of DNA</i> (Construindo um modelo do DNA) [Tradução nossa], OSU Libraries (s.d. c).
Narrativas históricas de OSU Libraries (1950-1953), OSU Libraries (s.d. d).	
Narrativas históricas sobre Rosalind Franklin (1956-1983), OSU Libraries (s.d. e).	

Texto de Jornal (1952).	<i>Pauling Answer Passport Rejection with Strong Denial He's Communist</i> (Pauling Responde Rejeição do Passaporte Negando que Não é Comunista) [Tradução nossa], OSU Libraries (s.d. f).
Texto de Jornal (1952).	<i>Dr. Pauling Gets Limited Passport</i> (Dr. Pauling ganha passaporte restrito/limitado) [Tradução nossa], OSU Libraries (s.d. f).

Fonte: Osu Libraries (s.d. a).

Para a análise do Episódio Histórico do DNA, utilizaram-se as categorias de análise da epistemologia de Fleck (2010), baseando-se na obra “Gênese e Desenvolvimento de Um Fato Científico”. Os conceitos da epistemologia fleckiana envolvidos nesta análise se referem ao coletivo de pensamento, estilo de pensamento, mutação no estilo de pensamento, harmonia das ilusões, círculo esotérico, tráfego intercoletivo de ideias, protoideia e fato científico, interpretados no Quadro 2.

Quadro 2 – Categorias de análise da epistemologia de Fleck (2010)

Categoria	Interpretação
Coletivo de pensamento	É o modo de pensar de um coletivo, representando um grupo de pessoas que pode ser institucionalizado, como a comunidade científica. Diz respeito aos valores, normas, regras do coletivo. Remete a uma história do saber, com um estilo específico de pensamento.
Estilo de pensamento	É a capacidade de perceber, observar um fato, fenômeno ou objeto. Diz respeito ao modo <i>Gestalt</i> de perceber o mundo. É a percepção direcionada e é coercitiva ao sujeito.
Mutação no estilo de pensamento	Quando ocorrem mudanças, alterações no estilo de pensar. O termo “mutação” é uma relação análoga à biologia, numa comparação a Teoria da Evolução das Espécies, que ocorre de maneira lenta e gradativa, assim como o conhecimento.
Harmonia das ilusões	Quando um sujeito (ou seu coletivo) está enraizado numa teoria a ponto de não conseguir perceber algo novo e/ou uma mudança no estilo de pensamento. Ocorre quando um sistema de pensamento está bem elaborado e fechado, torna-se difícil aceitar novas percepções, um novo estilo de pensamento.
Círculo esotérico	Representa o círculo de especialistas de uma determinada área de conhecimento. Representa o saber especializado.
Tráfego intercoletivo de ideias	É a circulação de pensamentos que ocorre entre coletivos de pensamentos próximos, a qual é capaz de mudar a percepção e criar fatos novos.
Protoideia	É uma ideia pré-científica, mais ou menos vaga, ou confusa, que pode se aperfeiçoar conforme circula pelos coletivos e estilos de pensamento.
Fato científico	Os fatos estão diretamente relacionados ao estilo de pensamento. É a associação inseparável das partes ativas e passivas do saber, sendo que as duas partes crescem com o número de fatos.

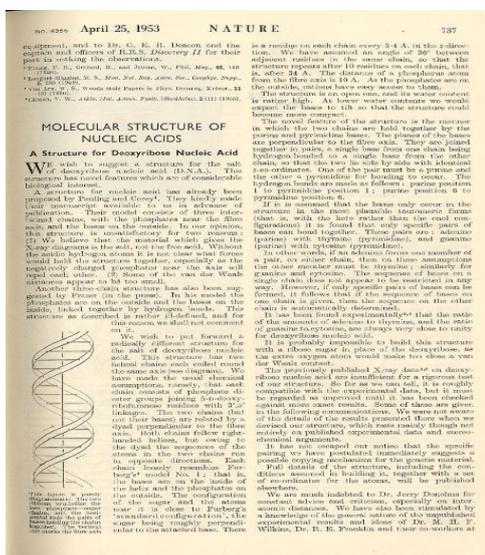
Fonte: Adaptado de Fleck (2010).

HISTÓRIA DA CIÊNCIA: ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO SOCIAL DO DNA

No ano de 1953, James Watson e Francis Crick publicaram um artigo sobre a estrutura molecular do DNA na nomeada Revista *Nature* (OSU LIBRARIES, s.d. b). Um ponto importante a ser considerado é o de que a dupla hélice do material genético representou uma construção coletiva da comunidade científica, na qual cientistas de várias áreas – biologia, física, química – debruçaram-se para alcançar essa compreensão. Como exemplo, participaram dessa busca: Watson e Crick (biólogo e físico, respectivamente), Maurice Wilkins (físico), Rosalind Franklin (físico-química), Linus Pauling (químico), William Lawrence Bragg (matemático e físico), entre muitos outros nomes (SILVA; VIANA; JUSTINA, 2016).

A estrutura molecular do DNA pode ser visualizada na Figura 1.

Figura 1 – Publicação sobre a estrutura molecular do DNA na Revista Nature (1953)



Fonte: Osu Libraries (s.d. b) e Watson e Crick (1953).

Na sequência, será abordado como a proposta da dupla hélice se originou. Utilizou-se o episódio histórico da construção social do DNA, o qual representa um processo de construção do conhecimento.

Conforme Silva, Viana e Justina (2016), no século XIX, já havia o estado do conhecimento sobre a herança genética no cenário científico. Por exemplo, Darwin descreveu a Teoria da Evolução das Espécies tendo como base a visão de herança. De mesma maneira, Mendel formulou a primeira lei da genética considerando a hereditariedade por meio de fatores. Percebe-se, neste caso, que o conhecimento científico sobre a hereditariedade é anterior ao “DNA”. Numa perspectiva fleckiana, pode-se considerar que houve a “Protoideia” de que a herança genética era transmitida entre gerações, no entanto, não se sabia que o DNA era a molécula responsável pela hereditariedade.

Até meados do século XX, o modo de pensar do coletivo e estilo de pensamento científico era de que quem carregava as características genéticas eram as proteínas. Apenas por volta de 1940, iniciou-se a consideração do DNA ser uma estrutura complexa o suficiente para ser capaz de carregar as informações herdáveis (SILVA; VIANA; JUSTINA, 2016).

A partir da perspectiva histórico-epistemológica de Fleck e dos relatos de historiadores da biologia, poderíamos considerar que o estado do conhecimento da época permitia considerar as proteínas como candidatas mais prováveis ao papel de portadoras do material genético porque se pensava que a estrutura do DNA era simples. Os conhecimentos disponíveis até então, indicavam que as proteínas eram mais complexas estruturalmente que o DNA. Foi esse estado do conhecimento, na época, que imprimiu na personalidade dos cientistas um estilo de pensamento, isto é, uma determinada abordagem para a busca de soluções dos problemas. Esse estado do conhecimento pode ter sido o responsável pela desmotivação dos pesquisadores para buscar entender como o DNA poderia ser a molécula portadora dos genes (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005, p. 225).

No coletivo e no estilo de pensamento dos cientistas do início do século XX, existia a crença de que somente as proteínas possuíam a complexidade para tamanha natureza química presente no gene. De acordo com fontes históricas (OSU LIBRARIES, s.d. c), vídeos 1, 2, 6 e 7, a compreensão científica se justifica pelo fato de que as proteínas estavam presentes nos cromossomos, eram compostas de 20 ou mais aminoácidos, além de existirem em diversas formas observáveis, como no cabelo, em chifres nos animais, nas claras de ovos. Já os ácidos nucleicos eram compostos apenas a partir de 4 blocos para construção, as bases nitrogenadas, a saber: adenina, timina, citosina e a guanina.

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 (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005, p. 224).

Na epistemologia de Fleck (2010), quando a teoria dominante ou estilo de pensamento está devidamente consolidado, passa por um período clássico, constituindo a harmonia das ilusões e, nessa fase, só se observam fatos que se encaixam perfeitamente na teoria dominante. Para cientistas mais enraizados ao estilo de pensamento vigente, torna-se mais difícil se desvincular deste e perceber um fato novo. Acredita-se que os biólogos do final do século XIX não levaram os estudos sobre a nucleína (atualmente conhecida como DNA) adiante porque estavam com o sistema de pensamento fechado para colocar expectativas nesta substância. Essa informação nova não se encaixava no estilo de pensamento da época e não representava ainda uma fase de complicação. Ou seja, esses biólogos estavam em meio a harmonia das ilusões. Além disso, na década de 1940, Linus Pauling também esteve na harmonia das ilusões, uma vez que este químico estava concentrado nas pesquisas sobre as proteínas, e não no DNA.

Como indicador, no vídeo 1, intitulado “*Pauling Discovers the Alpha-Hélix*” (Pauling Descobre a Alfa-Hélice), Linus Pauling relata sobre seu percurso na construção do conhecimento científico das proteínas. Este cientista teve como problema de pesquisa: “como as cadeias polipeptídicas são dobradas de uma maneira compatível com todo o conhecimento que se tem da química estrutural e de que maneira elas podem formar ligações de hidrogênio para manter as partes da molécula juntas?”. Nesta questão está claro que Linus Pauling teve como fato científico as cadeias polipeptídicas, visto sua pesquisa sobre a química estrutural.

Dessa maneira, realizou o estudo com muito enfoque nas proteínas e, conseqüentemente, chegou ao modelo da estrutura “alfa-hélice” antes dos demais cientistas.

Desse modo, Pauling foi referência para o trabalho de Watson e Crick a partir da elaboração de um modelo da estrutura para as substâncias químicas. No caso da estrutura das proteínas apresentada por Linus Pauling, a alfa-hélice representava um alinhamento linear dextrogiro helicoidal ou espiral dos átomos das moléculas gigantes.

Outro cientista presente na história do DNA foi William Lawrence Bragg (1890-1971), concorrente de Pauling, no campo da estrutura de moléculas complexas e líder do laboratório de *Cavendish*, onde Watson e Crick trabalharam. Bragg e Pauling haviam competido por prioridades científicas várias vezes desde o final da década de 1920. Um exemplo: competiram entre si na publicação das estruturas de grandes moléculas inorgânicas como os silicatos, e Pauling recebeu o prêmio. Também disputaram pela estrutura dos componentes básicos das proteínas, sendo que Pauling ganhou em 1951. Bragg era chefe de *Cavendish*, em *Cambridge*, um dos principais laboratórios da Grã-Bretanha. De acordo com as narrativas históricas de Osu Libraries (s.d. d), Bragg estava inconformado pelo fato de Pauling publicar sobre a estrutura da alfa-hélice, a estrutura das proteínas.

Inclusive, Watson (2014) relatou que a publicação de Linus Pauling sobre a alfa-hélice deixou o grupo de *Cambridge* em uma situação embaraçosa. E mais, cerca de um ano antes do trunfo de Pauling, Bragg, junto a outros cientistas (Kendrew e Perutz), publicou um artigo sistemático sobre a forma da cadeia polipeptídica, porém, foi uma abordagem que não solucionou o problema em questão. Segundo Watson (2014), Bragg ficou irritado com o fiasco da repercussão do seu artigo, sendo que seu orgulho ficou ferido em um ponto muito sensível. Durante 25 anos, houve vários encontros com Pauling e, na maioria das vezes, Linus apresentava uma solução antes de Bragg. Sob a perspectiva de Watson (2014, não paginado), o grupo de *Cambridge* precisava encarar que o químico Linus Pauling era autoridade no assunto de química estrutural da época. Em suas palavras, “[...] tínhamos de encarar a deprimente realidade de que a autoridade mundial na química estrutural dos íons inorgânicos era o próprio Linus Pauling”.

A disputa entre Bragg e Pauling finalizaria quando um dos dois publicasse primeiro a estrutura da molécula mestre da vida, isto é, o gene. No entanto, os dois dedicaram seus estudos às proteínas, enquanto o fato científico a ser investigado para essa finalidade estava no DNA. Linus Pauling assume que inicialmente não aceitou o DNA e, em tudo que era citado sobre ácido nucléico, o químico trocava a nomenclatura por nucleoproteínas. Ademais, houve uma publicação no ano de 1944 de Oswald Avery que evidenciava o DNA como potencial para transferir características genéticas, contudo, esse trabalho não foi bem aceito na comunidade científica.

Na análise fleckiana, pode-se perceber outra vez que Pauling estava enraizado no estilo de pensamento de que as proteínas eram as moléculas responsáveis pela hereditariedade, assim como Bragg. Ambos estavam na harmonia das ilusões, incluindo todo o coletivo de pensamento dos cientistas que não compreenderam o potencial do DNA como responsável por transmitir as heranças genéticas no trabalho de Avery, de 1944. Era preciso, por sua vez, uma mudança no estilo de pensamento para que Pauling ou Bragg comesçassem a se dedicar ao estudo do

DNA. Considera-se, portanto, que o destaque de Watson foi pensar no DNA como uma molécula complexa o suficiente para compor a hereditariedade do gene. Talvez, se não fosse pela concorrência entre os cientistas, que buscavam por reconhecimento acadêmico, a construção da estrutura molecular do DNA pudesse ter sido consolidada uma década antes, por volta de 1940. Nesse sentido, poderia haver circulação de ideias dentro do círculo esotérico, o círculo de especialistas, tais como Pauling, Maurice Wilkins, Rosalind Franklin, Bragg, Peter Pauling, Watson e Crick etc. Uma vez que o tráfego intercoletivo de ideias, como um sistema de comunicação, traz consigo uma alteração dos valores de pensamento, o que poderia gerar mudanças pequenas ou até mesmo mudanças completas no estilo de pensamento, o que poderia levar também a mudança fundamental.

Enquanto pesquisadores mais experientes estavam com foco nas construções de modelos para as estruturas das proteínas, os cientistas Watson e Crick estavam investigando a estrutura do DNA, pois supunham que este fato científico poderia os levar aos desdobramentos da construção de um modelo. E ainda, por serem do grupo de pesquisa da “*Cavendish*”, tiveram a oportunidade de acesso aos estudos experimentais de difração de Raio-X, ou seja, às fotografias de Rosalind Franklin (OSU LIBRARIES, s.d. e).

Na epistemologia fleckiana, pode-se observar características em Watson e Crick que os levaram a desenvolver o modelo da dupla hélice do DNA por primeiro, a saber: eram cientistas mais jovens, e, por isso, não estavam enraizados no estilo de pensamento que considerava as proteínas como transmissoras do material genético. Desse modo, estavam atentos às especulações da comunidade científica de modo geral e dedicaram suas pesquisas à estrutura dos ácidos nucleicos, uma vez que perceberam uma tendência a complexidade nestes compostos.

Em “*Crick’s Early Attitude Toward DNA*” (A Atitude Precoce de Crick em relação ao DNA), vídeo 3, Francis Crick descreveu que também tinha uma incerteza se o DNA ou a proteína era o material genético, pois em Cavendish (o círculo esotérico a que Crick pertencia) estavam trabalhando com a estrutura da proteína. Assim, Crick estudou a estrutura das cadeias polipeptídicas, a difração de Raio-X e continuou interessado no DNA (OSU LIBRARIES, s.d. c). Em Watson (2014), há um relato de uma intriga que aconteceu entre Crick e Bragg em relação às pesquisas com as proteínas. Crick quis corrigir as atividades científicas que Bragg desenvolvia, contudo, este não aceitou as correções sugeridas por aquele e prometeu que Crick não continuaria com ele após o doutorado.

As primeiras tentativas de construir uma estrutura molecular do DNA surgiram com um modelo de três filamentos de DNA enrolados um ao outro em uma hélice, com fosfato no núcleo, proposto por Linus Pauling. A partir deste modelo, Watson e Crick obtiveram uma cópia do “*The Nature of the Chemical Bond*” (A Natureza da Ligação Química) para procurar por íons inorgânicos que atendessem às suas necessidades e consideraram que Magnésio e Cálcio poderiam se encaixar (OSU LIBRARIES, s.d. d).

Em sua obra de 2014, Watson conta que, junto com Crick, realizou uma leitura rápida nas seções relevantes do livro “A Natureza da Ligação Química” de Linus Pauling, no qual encontrou os valores corretos para os tamanhos exatos dos íons inorgânicos possíveis, contudo, essas informações não o ajudaram a solucionar o problema da estrutura que desejava montar.

E mais, Watson relatou, em “*Watson’s Early Attitude Toward DNA*” (A Atitude Precoce de Watson em relação ao DNA), vídeo 4, que mudou sua percepção em relação à estrutura do DNA ao entender a complexidade que poderia haver nessa estrutura ao assistir uma palestra de Maurice Wilkins. Nesta, havia fotografias de Raio-X obtidas a partir do DNA cristalino. Dessa maneira, Watson supôs que o DNA era a molécula lógica a se pensar. Observa-se, neste caso, que Watson considerava uma nova forma de perceber o fato científico, ou seja, atentou para um novo estilo de pensamento, diferente dos demais cientistas que acreditavam ser o papel das proteínas o principal influente no gene (OSU LIBRARIES, s.d. c).

De acordo com as narrativas históricas de Osu Libraries (s.d. d), Linus Pauling mencionou que uma barreira que o impediu de chegar à estrutura da dupla hélice foi não ter acesso às fotografias do DNA realizadas por Rosalind Franklin, as quais possibilitariam melhor visualização desta estrutura. Maurice Wilkins não enviou as fotografias para o químico, pois alegou que precisava de um tempo maior para apreciá-las, mas não negaria mostrá-las, caso Linus Pauling aparecesse pessoalmente em seu laboratório.

Segundo Chalmers (1993), a maneira como os cientistas interpretam os dados empíricos depende da teoria que orienta essa percepção, o seu olhar, especialmente no pensamento científico. Assim, pensar que iria resolver a estrutura primeiro se tivesse os dados experimentais remete à concepção de ciência empírica-indutivista de Pauling. O experiente químico desabafou ainda sobre Watson e Crick terem acesso às fotografias de Rosalind Franklin, o que, segundo ele, foi o principal motivo de ambos terem desenvolvido a estrutura da dupla hélice. De certa forma, os dados experimentais realizados por Rosalind Franklin garantiram a Watson e Crick a confirmação do que especulavam.

Conforme Watson (2014), a atenção de Rosalind Franklin não era aos modelos estruturais, mas sim à descrição padrão de difração dos raios-X cristalinos, sobre a qual buscava por mais dados. Após assistir uma palestra da cientista, Watson concluiu que sua fala era como um relatório preliminar que não provava nada fundamental do DNA, no sentido de que essa cientista não tinha os mesmos interesses que ele e não se preocupava em montar estruturas atômicas. Contudo, podemos ver o interesse de Rosalind Franklin pela molécula do DNA, uma vez que ela buscava por maiores detalhes e características para explicar a possível complexidade de sua estrutura, e, essencialmente, sua produção de conhecimento tecnológico, a qual não foi valorizada por James Watson no seu relato.

Watson ainda explorou conhecer o pensamento de Maurice Wilkins a respeito da atuação de Rosalind Franklin no laboratório de *King’s College*. De acordo com Watson (2014), segundo Maurice, Rosalind produziu muita análise cristalográfica elaborada, realizou medições detalhadas do conteúdo líquido de suas amostras de DNA, gerando fotografias radiográficas mais nítidas do que as de Wilkins. No entanto, este afirmou que ela havia obtido pouco progresso real desde a sua chegada, além de ter dúvidas a respeito dela estar medindo o que pretendia de fato. Pode-se notar que ambos mediam as atividades de conhecimento tecnológico de Rosalind Franklin com as atividades científicas por eles desenvolvidas. Uma comparação indevida, pois o pensamento tecnológico é diferente do pensamento científico. Rosalind Franklin usou regras de ação, instrumentos tecnológicos, produzindo imagens radiográficas melhores do que Maurice Wilkins poderia produzir. Além disso, faltou diálogo da parte de Watson

junto à Rosalind para que, de fato, se soubesse sobre os seus interesses acadêmicos.

Conforme Cupani (2016), a respeito da natureza do conhecimento tecnológico, a tecnologia é um modo específico de conhecer, que não se reduz à mera aplicação do conhecimento científico. A tecnologia possui processos de pensamento implicados na sua produção, tratando-se de um conhecimento prescritivo, em contraste com o conhecimento descritivo procurado pela ciência. O conhecimento científico está “limitado pela teoria”, ao passo que o conhecimento tecnológico está “especificado pela tarefa”. Assim como as teorias tecnológicas e científicas são diferentes, os dados também são. Enquanto a ciência busca estabelecer leis que “governam” os fenômenos naturais, a tecnologia formula regras de ação para dar origem aos fenômenos artificiais ou usar os aparelhos.

Ambos os conhecimentos, científico e tecnológico, representam a capacidade humana de pensar, correspondendo às características de inteligência. Hoje, tem-se a existência da tecnociência. A tecnologia deixou de ser um mero instrumento, tampouco pode ser reduzida a saber-fazer. Em Cupani (2016), tem-se como exemplo a ciência química, classificada como uma tecnociência numa perspectiva da filosofia da química.

A história da construção social do DNA mostra que Watson e Crick realizaram um trabalho coletivo, porque utilizaram modelos anteriores para propor um novo. Além disso, compartilharam de todo o empenho de Rosalind Franklin, a qual havia refutado o modelo de tripla hélice para o DNA, por meio da tecnologia de difração de Raio-X. Além de refutar o modelo de tripla hélice, levantado por Linus Pauling, Rosalind Franklin especulava que as fitas do ácido nucleico continham número par, podendo conter duas ou quatro hélices. Assim, é possível compreender que Watson e Crick não encontraram a estrutura molecular do DNA por acaso, mas sim porque procuravam por ela. Parafraseando Fleck, ao dizer que “Wasserman não encontrou sua reação por acaso, mas porque procurava por ela [...]” (FLECK, 2010, p. 122).

Dessa maneira, pode-se afirmar que os cientistas não “descobrem” fatos, mas estudam arduamente para alcançar seus resultados esperados, isto é, resultados próximos à teoria científica vigente ou em processo de formulação. Em termos fleckianos, a palavra “descoberta”, comumente presente nos livros didáticos, possui uma melhor compreensão sobre a ciência se for substituída por “invenção”, que representa uma demanda de ação, criação de fatos e de adventos científicos e tecnológicos.

Ademais, vale ressaltar que apesar de existir a possibilidade de alguns cientistas terem altas habilidades/superdotação, e, em algumas ocasiões, *insights*, novos fatos na ciência são associados ao coletivo e estilo de pensamento, os quais são coercitivos ao sujeito, além de deterem a história do saber, cujo fruto do trabalho é coletivo e nunca individualizado. Assim, compreende-se que “[...] todo trabalho científico é trabalho coletivo” (FLECK, 2010, p. 84). Como exemplo, no episódio estudado, para construção da estrutura molecular do DNA, Watson e Crick dispunham de conhecimentos anteriores, oriundos de vários anos de pesquisas, contendo contribuições de diversos cientistas, de áreas interdisciplinares: biologia, física, química.

Quando se olha o lado formal do universo científico, sua estrutura social é óbvia: vemos um trabalho coletivo organizado com divisão de trabalho, colaboração, trabalhos preparativos, assistência técnica, troca de ideias, polêmicas etc. Muitas publicações mostram o nome de vários autores que trabalham em conjunto. Além desses nomes, encontramos, nos trabalhos das ciências exatas, quase sempre o nome da instituição e seu diretor. Há uma hierarquia científica, grupos, adeptos e adversários, sociedades e congressos, periódicos, instituições de intercâmbio etc. O portador do saber é um coletivo bem organizado, que supera de longe a capacidade de um indivíduo (FLECK, 2010, p. 85).

Ao estudar as origens do conceito da sífilis, Fleck (2010) destacou diferenças na concepção dessa “doença” ao longo de cinco séculos, identificando, por sua vez, distintos estilos de pensamento. Dentre as ideias coletivas estavam a concepção da doença como punição pelo desejo, no final do século XV, ideias estas pertencentes à comunidade religiosa. Após, essa “doença” foi considerada decorrente da influência das estrelas, sob perspectivas de astrólogos. Depois, houve a ideia de que o mercúrio poderia ser utilizado como forma de tratamento, por meio da metaloterapia. E, por fim, a concepção do sangue impuro, ou sangue sífilítico, que culminou no desenvolvimento da reação de Wassermann e da própria sorologia, na primeira metade do século XX.

Assim, Fleck (2010, p. 5) parte da suposição de que a teoria do conhecimento individualista “conduz apenas uma concepção fictícia e inadequada do conhecimento científico”. De modo que, tanto a estrutura sociológica como as convicções que unem os cientistas vão além das convicções empíricas e especulativas dos indivíduos. Na epistemologia fleckiana, um sujeito sozinho, por maior intelecto e equipamentos tecnológicos disponíveis que puder ter, não consegue superar a capacidade que o coletivo possui para compreender a visão científica do todo. Fleck exemplifica que um médico sozinho não consegue chegar à entidade nosológica (características) de uma doença, somente o coletivo consegue tal feito porque este possui todo o percurso histórico e social do fato.

QUESTÕES ÉTICAS NA HISTÓRIA DO DNA

Apesar de toda participação de Rosalind Franklin nas análises experimentais envolvendo o DNA, esta cientista nunca recebeu nenhum reconhecimento em vida. Em abril de 1983, James Watson comentou que Rosalind Franklin não demonstrou interesse em relação ao estudo do DNA, pois nem ao menos conversou com Maurice Wilkins a respeito. Talvez, Watson tenha mencionado Wilkins pelo motivo de ter assistido a uma palestra deste que o fez perceber o DNA como uma molécula complexa o suficiente para carregar as heranças genéticas. Tal percepção proporcionaria a emergência de um fato científico, e, como consequência, a mudança no Estilo de Pensamento.

Rosalind Franklin foi uma mulher inteligente, mas ela realmente não tinha nenhuma razão para acreditar que o DNA era particularmente importante. Ela foi treinada em físico-química. Eu acredito que ela nunca conviveu, nem mesmo pouco tempo, com pessoas que davam importância ao DNA. E ela certamente não falou com Maurice Wilkins ou com John Randall, o então professor na King’s College (OSU LIBRARIES, s.d. e, tradução nossa).

No entanto, Watson não conversou com Rosalind Franklin pessoalmente sobre suas pesquisas tecnocientíficas para afirmar suas conclusões da maneira

como o fez, muitas de suas impressões a respeito de Rosalind Franklin eram opiniões de Maurice Wilkins, a quem Watson teve maiores conexões. Talvez, Wilkins, como chefe de laboratório no *King's College*, imaginava que Rosalind Franklin “prestava serviço” ao grupo e que os resultados de suas pesquisas pertenciam a ele, pois o próprio apresentou as fotografias que Rosalind fez ao Watson. Como vimos em Fleck (2010), no ambiente científico, percebe-se o trabalho coletivo, principalmente nas ciências exatas, há uma hierarquia. Contudo, além da hierarquia, no meio científico, havia também a desigualdade de gênero, pois o trabalho científico desenvolvido por Rosalind Franklin não foi valorizado e a propriedade intelectual de suas atividades foi transferida a Maurice Wilkins, que acabou compartilhando com Watson.

Além disso, em Watson (2014), há algumas críticas em relação à aparência de Rosalind Franklin, como se ela precisasse ser mais feminina, utilizar vestidos mais delicados e soltar os cabelos. Por outro lado, nenhum comentário em relação à aparência de homens foi realizado na mesma proporção. Watson comentou que Crick era um rapaz sempre risonho e simpático e, após o desentendimento com Bragg, passou a ser mais quieto. Contudo, essas observações dizem respeito à personalidade de Crick e às situações acadêmicas que enfrentava, não necessariamente se referem à sua aparência física. Ademais, Watson assistiu uma palestra de Rosalind Franklin sobre o DNA, pois o jovem cientista via a necessidade de aprender sobre cristalografia e, mais, especulava saber como Rosalind Franklin pensava as questões das estruturas moleculares. Todavia, Rosalind Franklin não utilizou modelos moleculares na sua palestra, o que foi suficiente para Watson concluir que ela não se interessava em montar estruturas moleculares, pois não “brincava com lego”, algo aparentemente do universo masculino, de acordo com Watson. Vemos, nesse caso, uma clara desigualdade de gênero.

Segundo Silva (2010), Rosalind Franklin tinha real interesse em publicar sobre a estrutura do DNA porque, em julho de 1953, a cientista divulgou seus dados experimentais – ou seja, as fotos de difração de Raio-X com detalhes em dois formatos (A e B). Contudo, a estrutura helicoidal comentada no artigo de Rosalind Franklin já não era mais novidade, pois Watson e Crick publicaram o formato A do DNA em abril daquele ano. E essa informação já era suficiente para a construção do modelo da dupla hélice para o DNA.

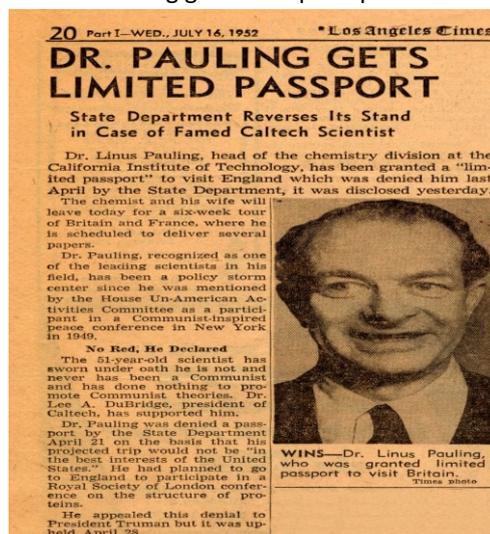
Um desabafo sobre as fotografias de Rosalind Franklin foi de Ava Helen Pauling, a esposa de Linus Pauling, em setembro de 1977. Nessa ocasião, Ava questionou o caráter ético de Watson e de Crick ao expor que ambos ficaram felizes pelo fato de Linus Pauling não poder comparecer ao laboratório de *King's College* pessoalmente, bem como por terem desconsiderado o trabalho de Rosalind Franklin, não dando a essa cientista nenhum reconhecimento pelo seu esforço no estudo do DNA (OSU LIBRARIES, s.d. e).

Em [*The Double Helix*] (A Dupla Hélice) Watson comentou sobre como eles ficaram felizes, ele próprio e Crick, pelo fato de que meu marido não recebeu permissão para ir a Inglaterra porque se ele tivesse ido, teria sem dúvida visto essas excelentes fotografias que Rosalind Franklin obteve e que, quando eles as viram, junto com os outros dados que já tinham, eles conseguiram depreender a estrutura do DNA [...] se alguma vez houve uma mulher que foi maltratada, esta foi Rosalind Franklin e ela não recebeu o reconhecimento que deveria ter recebido por seu trabalho no DNA (OSU LIBRARIES, s.d. e, tradução nossa).

De acordo com Osu Libraries (s.d. f), Linus Pauling teve seu passaporte recusado num primeiro momento, em abril de 1952, com alegação do governo dos Estados Unidos da América (EUA) de que sua viagem à Inglaterra não contribuiria ao interesse americano. Pauling chegou a recorrer ao Presidente dos EUA da época (Truman), mas a decisão de recusa foi mantida. O Departamento de Estado Americano considerou que o experiente cientista possuía “nuance comunista”. O químico havia planejado ir à Inglaterra para participar de um congresso sobre a estrutura das proteínas. Além disso, permaneceria um mês na Inglaterra, onde compareceria à Sociedade Faraday e conversaria com Sir. Lawrence Bragg e outros cientistas britânicos. Nessa viagem, Pauling visitaria o laboratório de Maurice Wilkins, o *King’s College*, onde trabalhava a Rosalind Franklin e, assim, observaria as fotografias da cientista. No entanto, tais planejamentos não foram possíveis com a restrição do passaporte do cientista americano. Inclusive, Watson considerou inimaginável que tal fato estivesse ocorrendo: Linus Pauling, considerado um ateu comunista pelo governo americano (WATSON, 2014).

Pauling precisou declarar que não era comunista, tampouco membro de partido comunista. Ava e Linus Pauling conseguiram, finalmente, embarcar para a Europa em agosto de 1953, após publicação do artigo de Watson e Crick sobre a dupla hélice do DNA, realizada em abril de 1953. Algumas dessas informações foram noticiadas pelo jornal *Los Angeles Times* da Califórnia, como apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Linus Pauling ganha um passaporte com restrições



Fonte: Osu Libraries (s.d. f).

O químico americano se recusou a participar do projeto Manhattan para produção da bomba atômica, de grande interesse político para os EUA, além de realizar palestras numa conferência sobre a paz mundial. Pauling realizava palestras com caráter de Divulgação Científica, para que a sociedade americana conhecesse maiores informações do que ocorria no círculo esotérico, a área especializada da época. Por estas razões, o químico foi considerado inimigo do governo americano, recebendo restrição para viagens internacionais. Naquele período, a soberania nacional era o que mais importava para os EUA e, provavelmente, tal atitude limitou a potencialidade de produção científica do experiente químico. Fleck (2010) comentou que os interesses políticos e

econômicos podem limitar a atuação científica, isso vem mostrar a não neutralidade da Ciência.

DIMENSÃO CIENTÍFICA E DIMENSÃO EPISTEMOLÓGICA NO EPISÓDIO HISTÓRICO

Utilizou-se um episódio histórico, a saber: a construção social do DNA, para apresentar contribuições ao Ensino sobre Ciência a partir de uma perspectiva da epistemologia em Fleck (2010). Como uma leitura da História da Ciência, percebe-se a dimensão científica da História do DNA a partir da dimensão epistemológica por Fleck (2010), as quais estão apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Interpretações da História do DNA pelo viés epistemológico de Fleck (2010)

Dimensão Científica História do DNA	Dimensão Epistemológica Análise da História do DNA em Fleck
Alguma molécula era responsável pela herança genética, mas não se sabia qual.	Protoideia: A noção de hereditariedade foi uma protoideia (ou ideia pré-científica) para o DNA 1º Momento – Herança genética, fatores, hereditariedade. 2º Momento – Proteínas. 3º Momento – DNA.
Isolamento da nucleína por Miescher (Século XIX). Estudo sem relevância para a comunidade científica, pois não se entendia a importância do DNA (ou nucleína, como era chamada à época).	Coletivo de Pensamento O modo de pensar do coletivo de pensamento da época de Miescher entendia a hereditariedade, heranças, fatores, mas não se conhecia a substância responsável.
Estudos com as estruturas moleculares (até meados de 1940) – Proteínas eram as mais cotadas para serem responsáveis pela hereditariedade.	Coletivo de Pensamento Havia três laboratórios interessados nas pesquisas com as Proteínas e/ou DNA: 1) <i>King's College</i> de Londres (de Maurice Wilkins e Rosalind Franklin); 2) Instituto de Tecnologia da Califórnia (<i>CALTECH</i>) de Linus Pauling; 3) <i>Cavendish</i> – onde trabalhavam Watson, Crick e Bragg.
Pensamento científico do século XIX até meados do século XX: as proteínas são as mais complexas das substâncias conhecidas.	Estilo de Pensamento Os genes responsáveis pela hereditariedade são complexos na sua fórmula estrutural. Os ácidos nucleicos são substâncias simples para suportar tamanha complexidade da herança genética (assim acreditaram Pauling e Bragg, por exemplo).
A publicação de Watson e Crick surpreendeu a todos,	Harmonia das Ilusões Linus Pauling estava enraizado no estado do conhecimento de que as proteínas eram

especialmente aos cientistas mais experientes.	responsáveis pela hereditariedade e fortes candidatas para carregar os genes. Assim, concentrou atenção exclusiva nelas.
O DNA possui uma estrutura helicoidal, em dupla hélice, e é a mais complexa das moléculas.	Emergência de um Fato Científico e formação de um novo Estilo de Pensamento Watson e Crick constroem a estrutura molecular do DNA.

Fonte: Adaptado de Osu Libraries (s.d. a) e Fleck (2010).

Há alguns elementos da Natureza da Ciência que podem ser percebidos na História do DNA. Como exemplo, houve mudanças no estilo de pensamento sobre a complexidade da estrutura molecular do DNA. Além disso, houve uma unificação do conhecimento, indicando que a ciência pode ser interdisciplinar, pois quando se juntaram as áreas da biologia, da física e da química, estas realizaram a construção social do DNA e a aceitação da dupla hélice foi instantânea, já que esse conhecimento circulava pelas ciências naturais, e não em uma área específica. Outro aspecto a ser colocado é que a teoria orienta a observação do pesquisador e não ao contrário, como pensavam os empíricos-indutivistas ingênuos, criticados em Chalmers (1993). Dito em outras palavras, primeiro, constrói-se a teoria, depois, realiza-se experimentos e propostas para comprová-la. Assim, um(a) cientista, ao pensar em hipóteses para construção de uma teoria, debruça-se nos estudos para resolver seu problema de pesquisa. Na história do DNA, Watson e Crick acreditaram que o DNA era uma molécula complexa o suficiente para carregar a herança genética, e, assim, trabalharam intensamente na construção da sua estrutura molecular. Eles conseguiram descrever e desenhar a estrutura do DNA porque procuravam por ela, não foi uma simples “descoberta científica”.

Na história da construção social do DNA, pôde-se acompanhar disputas, competições e algumas desigualdades, como a desigualdade de gênero sofrida por Rosalind Franklin. Linus Pauling, um experiente e renomado químico, entrou em disputa acadêmica para descrever a estrutura mestre da vida. Contudo, teve como fato científico a estrutura das proteínas e não do DNA, pois estava vivendo a harmonia das ilusões. E mais, fatores políticos o afastaram da tão sonhada publicação da dupla hélice do DNA. William Laurence Bragg, chefe do grupo de pesquisa de *Cavendish*, esforçou-se para publicar estruturas moleculares melhores que as de Linus Pauling, mas não conseguiu reconhecimento nas suas publicações. Watson e Crick pertenciam ao grupo de Bragg, no entanto, fizeram a publicação do DNA em separado do grupo, provavelmente devido ao rompimento entre Bragg e Crick. Watson e Crick não cumpriram o acordo de aviso prévio sobre a publicação da dupla hélice do DNA, uma vez que utilizaram os dados experimentais do laboratório de *King's College*, de Maurice Wilkins e Rosalind Franklin. Wilkins recebeu reparação, isto é, o prêmio Nobel compartilhado posteriormente, mas Rosalind Franklin não recebeu reconhecimento algum em vida (pois faleceu jovem). Watson (2014) afirmou que Wilkins sabia da complexidade do DNA e que esta poderia ser a molécula que carregava os genes. No entanto, Watson não contou a Wilkins que estava trabalhando com o DNA, mas afirmou pesquisar sobre as proteínas quando Wilkins lhe perguntou. Ou seja, Wilkins foi ingênuo ao acreditar que Watson tinha interesse apenas nas proteínas. Watson (2014) afirmou que pesquisou sobre as proteínas porque era o interesse do grupo de pesquisa, do qual Bragg era chefe. No entanto, além das proteínas, ambos (Watson e Crick) pesquisavam também sobre o DNA.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensaio historiográfico apresentado nesta pesquisa teve como objetivo mostrar a construção social da estrutura molecular do DNA e suas possíveis contribuições para o Ensino sobre a Ciência, com elementos da Natureza da Ciência presentes na epistemologia de Fleck (2010).

As principais características da obra fleckiana estão centradas na matriz biológica, ou seja, no modelo de epistemologia baseado na biologia. Desse modo, o conhecimento científico é visto de maneira análoga aos processos evolutivos, os quais são lentos e gradativos. A mudança no estilo de pensamento ocorre de maneira lenta e gradativa também, semelhante à evolução, e não com rupturas abruptas. Da história da construção social do DNA pôde-se perceber que nem sempre os cientistas mudam de opinião, sendo que os mais experientes, que estão mais enraizados num estilo de pensamento, tendem a permanecer no sistema de pensamento fechado, estando na harmonia das ilusões.

Com a epistemologia fleckiana, pode-se compreender que, além do sujeito e do objeto, há também um terceiro elemento, a saber: o estado do conhecimento. Neste, há influências do percurso histórico, contexto social e cultural. Dessa maneira, além da perspectiva internalista, de como os conceitos científicos foram construídos, as análises epistemológicas podem se pautar em fatores externos à ciência, como os aspectos sociais, econômicos e políticos que influenciam o desenvolvimento do fato científico no coletivo e no estilo de pensamento. Na história do DNA, percebeu-se que Linus Pauling não conseguiu viajar para a Inglaterra, no ano de 1952, e, participar de um congresso científico, pois teve seu passaporte restrito pelos EUA. Tal restrição limitou sua potencialidade científica. Desse modo, o experiente químico não pôde perceber a complexidade da molécula do DNA, antes da publicação de Watson e Crick, de 1953.

Os círculos esotéricos de cientistas (biólogos, químicos e físicos), até aproximadamente a primeira metade do século XX, consideravam a estrutura da proteína mais complexa que a do DNA. Desde o século XIX, já havia sido extraído o DNA, no entanto, o produto dessa extração foi chamado de nucleína e a comunidade científica não se interessou em estudá-la mais profundamente. O químico Linus Pauling, experiente com estruturas moleculares, teve grandes condições para propor a dupla hélice no DNA. No entanto, sua tentativa foi uma tripla hélice, tendo como base as estruturas das proteínas. Rosalind Franklin, que pesquisava sobre difração de Raio-X, descartou a tripla hélice, constituindo um novo entendimento, de que o DNA poderia ser composto por bases pares. Watson e Crick, tomando como base todo conhecimento anterior, construíram a dupla hélice e perceberam o DNA como um fato científico, complexo o suficiente para compor o gene.

Dessa maneira, Watson e Crick publicaram a estrutura molecular do DNA antes dos demais cientistas e obtiveram méritos acadêmicos pelo desenvolvimento de suas pesquisas. No entanto, pôde-se acompanhar, além das competições entre os cientistas, a desigualdade de gênero. Watson e Crick não avisaram o laboratório da *King's College* sobre a publicação da dupla hélice do DNA. Rosalind Franklin, que se empenhou em apresentar fotografias radiográficas mais nítidas, não teve seu trabalho reconhecido em vida, sendo que a cientista sofreu desigualdade de gênero na sua época.

A utilização de episódios históricos destinado ao Ensino, visando a aprendizagem de elementos da Natureza da Ciência e da Tecnologia, pode trazer compreensão sobre o processo de construção do conhecimento e não apenas apresentar os produtos da ciência, com aplicações do conhecimento, como é comum no ensino tradicional de ciências. Além disso, a epistemologia fleckiana pode potencializar a compreensão de que a ciência é fruto de contextos sociais, históricos, políticos; ou ainda, de que a ciência possui conhecimentos provisórios e não definitivos. Pode-se mostrar que a ciência é uma atividade coletiva, na qual o cientista não pensa sozinho, pois está inserido num coletivo e estilo de pensamento. Nesse sentido, é possível notar que a observação do cientista não é neutra, mas carregada de teoria e de conhecimentos anteriores.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

USE OF A HISTORICAL EPISODE TO TEACH ABOUT SCIENCE: CONTRIBUTIONS FROM FLECK

ABSTRACT

This work had as its theme the History of Science with the Fleck's epistemology (2010), aiming to contribute to science teaching. The objective was to present the historical episode of the social construction of DNA, and its contributions to science teaching through Fleck's epistemological analysis. Every teacher when teaching science adopts an epistemology of science, even if unconsciously. If this epistemology is not based on the New Philosophy of Science, which is opposed to positivist science, certainly its epistemological vision is based on the empirical-inductivist one. Fleck presents an epistemological model that can be used for historical analysis and his categories of analysis help to understand elements of the nature of science. The approach of this work is qualitative, in the case of documental research, with historiographical analysis. As an analysis methodology, Fleck's epistemology was used, through analysis categories such as collective of thought, style of thought, harmony of ilusions, and others. As main results it was observed that scientific knowledge has a historical trajectory. In the history of DNA, there was first the idea about heredity, but it was not known which molecule was responsible for the hereditary transmission. Afterwards, in the second moment, it was believed that proteins were the most complex molecules and, therefore, responsible for genetic inheritance. Finally, a crucial moment in the history of science was the presentation of the molecular structure of DNA as a double helix. Watson and Crick presented a new style of thought and the emergence of a scientific fact.

KEYWORDS: History of DNA. Features of science. Fleck's epistemology. Collective of Thought. Style of Thought.

NOTA

1. Uma primeira versão deste artigo foi apresentada no VII Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia (SINECT 2022), no entanto tal artigo foi revisado e ampliado para ser submetido à edição especial na Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia. Anais e publicações do VII SINECT (2022):
<https://sinect.pg.utfpr.edu.br/index.php/anais/>.

REFERÊNCIAS

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** Tradução: Raul Filker. Brasília: Editora Brasiliense, 1993.

CONDÉ, M. L. L. **Ludwik Fleck: estilos de pensamento na ciência.** Belo Horizonte: Fino Traço, 2012.

CONDÉ, M. L. L. **Um papel para a história: o problema da historicidade da ciência.** Curitiba: UFPR, 2017.

CONDÉ, M. L. L. Mutações no estilo de pensamento: Ludwik Fleck e o modelo biológico na historiografia da ciência. **Revista de Filosofia Moderna e Contemporânea**, Brasília, v. 6, n. 1, jul., p. 155-186, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/fmc/article/view/20236>. Acesso em: 15 maio 2024.

CUPANI, A. **Filosofia da tecnologia: um convite.** 3ª ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2016, p. 169-185.

FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico.** Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

LORENZETTI, L.; MUENCHEN, C.; SLONGO, I. I. P. A recepção da epistemologia de Fleck pela pesquisa em educação em ciências no Brasil. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 15, n. 03, p. 181-197, set./dez., 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/HPtNKZkPdKf9gPNtQLVxcVB/?format=pdf>. Acesso em: 15 maio 2024.

LORENZETTI, L.; MUENCHEN, C.; SLONGO, I. I. P. A crescente presença da epistemologia de Ludwik Fleck na pesquisa em educação em ciências no Brasil. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 1, p. 373-404, jan./abr., 2018. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/6041>. Acesso em: 15 maio 2024.

OSU LIBRARIES. **Linus Pauling and the race for DNA: A Documentary History (1950-1973)**. Corvallis: Special Collections and Archives Research Center/ Oregon State University (OSU) Libraries, s.d. a (Digital Library). Disponível em: <https://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/>. Acesso em 20 jun. 2024.

OSU LIBRARIES. **Linus Pauling and the race for DNA: All Documents and Media. Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid (1953)**. Corvallis: Special Collections and Archives Research Center/ Oregon State University (OSU) Libraries, s.d. b (Digital Library). Disponível em: <https://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/papers/corr68.11-reprint-19530425.html>. Acesso em 20 jun. 2024.

OSU LIBRARIES. **Linus Pauling and the race for DNA: All Documents and Media. Video Clipes: The DNA History (1973)**. Corvallis: Special Collections and Archives Research Center/ Oregon State University (OSU) Libraries, s.d. c (Digital Library). Disponível em: <https://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/video/index.html>. Acesso em 20 jun. 2024.

OSU LIBRARIES. **Linus Pauling and the race for DNA: Narrative (1950-1953)**. Corvallis: Special Collections and Archives Research Center/ Oregon State University (OSU) Libraries, s.d. d (Digital Library). Disponível em: <https://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/narrative/page1.html>. Acesso em 20 jun. 2024.

OSU LIBRARIES. **Linus Pauling and the race for DNA: Narrative About Rosalind Franklin (1956- 1983)**. Corvallis: Special Collections and Archives Research Center/ Oregon State University (OSU) Libraries, s.d. e (Digital Library). Disponível em: <http://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/narrative/page10.html>. Acesso em 20 jun. 2024.

OSU LIBRARIES. **Linus Pauling and the race for DNA: All Documents and Media. Newspaper Clippings (1952)**. Corvallis: Special Collections and Archives Research Center/ Oregon State University (OSU) Libraries, s.d. f (Digital Library). Disponível em: <https://scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling/dna/newsclips/index.html>. Acesso em 20 jun. 2024.

SCHÄFER, L.; SCHNELLE, T. Introdução: fundamentação da perspectiva sociológica de Ludwik Fleck na teoria da ciência. *In*: FLECK, LUDWIK. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência & Educação**, Bauru, v.

11, n. 2, p. 223-233, ago., 2005. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/5CZ5MDGqznkmnqzRFQbdyhg/#>. Acesso em: 21 nov. 2023.

SEVERINO, A. J. A pesquisa na pós-graduação em educação em ciências. **Revista eletrônica de Educação**. São Paulo, v. 1, n. 1, p. 31-49, set., 2007. Disponível em:

<https://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/download/4/4/18>.

Acesso em: 21 nov. 2023.

SILVA, A. A.; VIANA, A.; JUSTINA, L. A. D. Um estudo sobre o DNA no Ensino Médio: história da ciência e CTS. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 11, n. 2, p. 136-163, 2016. Disponível em:

https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID315/v11_n2_a2016.pdf. Acesso em: 21

nov. 2023.

SILVA, M. R. As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice. **Scientiae Studia**. São Paulo, v. 8, n. 1, p. 69-92, 2010. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ss/a/zgNMmxrdsY7CVbvwCY3xCKs/abstract/?lang=pt#>.

Acesso em: 21 nov. 2023.

WATSON, J. D.; CRICK, F. Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. **Nature**, 171, p. 737-738, 1953. Disponível em:

<https://www.nature.com/articles/171737a0>. Acesso em: 30 jun. 2024.

WATSON, J. D. **A dupla hélice**: como descobri a estrutura do DNA. Tradução Rachel Botelho. ZAHAR: Rio de Janeiro, 2014.

Recebido: 22 maio 2023.

Aprovado: 29 jun. 2024.

DOI: 10.3895/rbect.v17n2.17021

Como citar: SOUZA, I. L. N.; AIRES, J. A. Uso de um Episódio Histórico como estratégia para o Ensino sobre Ciência: contribuições a partir de Fleck. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 17, Edição Especial, p. 1-21, 2024. Disponível em:

<<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/17021>>. Acesso em: XX.

Correspondência: Isis Lidiane Norato Souza - isislidiane@yahoo.com.br

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

