

CONCEPÇÕES SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA NUM CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS: IMAGENS QUE DIFICULTAM A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA
(Conceptions about the nature of science in biology undergraduate courses: images that complicate science education)

Neusa Maria John Scheid [scheid.neusa@gmail.com.br]

Departamento de Ciências Biológicas/ Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI/Campus de Santo Ângelo e Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) da UFSC-SC

Nadir Ferrari [naferrari@ccb.ufsc.br]

Núcleo de Estudos em Genética Humana/Centro de Ciências Biológicas e PPGECT da UFSC

Demétrio Delizoicov [demetrio@ced.ufsc.br]

Departamento de Metodologia de Ensino e PPGECT da UFSC-SC

Resumo

A pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de caracterizar as concepções sobre natureza da ciência presentes entre estudantes de um curso de Ciências Biológicas. A metodologia envolveu a elaboração e aplicação de um questionário e realização de entrevistas semi-estruturadas a partir de situações problematizadoras, com um roteiro básico de questões envolvendo conhecimentos de biologia molecular. Os resultados indicam que os estudantes identificam, no trabalho dos cientistas, a descoberta de leis naturais e verdades, e o conhecimento científico como absoluto. Predomina a concepção indutivista-empirista e atórica, na qual a observação e a experimentação são entendidas como atividades independentes de compromissos teóricos. Os estudantes mostraram dificuldades em distinguir modelo de realidade, o que foi analisado a partir das categorias *conexões ativas* e *conexões passivas*, de Ludwik Fleck. Também mostraram desconhecer o caráter coletivo da atividade científica, que Fleck sistematiza na categoria *coletivo de pensamento*. Isto possivelmente decorre da ausência, durante a formação inicial, de discussões epistemológicas que poderiam contribuir para a compreensão da complexidade na construção dos fatos científicos. Considera-se que estas concepções equivocadas de ciência podem ter, repercussões na forma de ensinar temas mais polêmicos em biologia, como são os relacionados à biologia molecular. Em vista disso, argumenta-se que a formação inicial do professor de ciências deve contemplar uma formação em epistemologia e história da ciência, pois fornecerá os subsídios para torná-lo um profissional sintonizado com os desafios contemporâneos.

Palavras-chave: Natureza da ciência, formação de professores, epistemologia. Ludwik Fleck.

Abstract

The aim of this paper is to characterize the conceptions about Science held by undergraduate Biology students. The methodology involved the production and application of a questionnaire as well as interviews. Problem situations, involving molecular biology were used. The results indicate that the students identify the work of scientists as the discovery of the truth, or the laws of nature, They believe in science as neutral observation and experimentation, that is, they present a inductivist and empiricist vision of science, not compromised with theory. Rather than consider the collective character of the scientific knowledge, they attribute the scientific productions to individuals, and find it difficult to distinguish between model and reality. These findings were analysed by using the categories *active conceptions*, *passive conceptions* and *collective thought*, of Ludwik Fleck and are possibly due to the absence of epistemology discussions during pre service courses. These discussions

could help understanding the complexities of the production of scientific facts. We consider that misconceptions about Science have, as a consequence, difficulties with teaching polemic issues, such as the ones related to molecular biology and argue that epistemology and history of science must be part of science teachers pre service education.

Keywords: Nature of science, teacher education, epistemology, Ludwik Fleck.

Introdução

Um dos fins básicos da educação científica é garantir que os estudantes adquiram uma compreensão adequada da natureza da ciência (Petrucci; Dibar Ure, 2001). Isto envolve compreender seu funcionamento interno e externo, como se constrói e se desenvolve o conhecimento que ela produz, os métodos utilizados para validar este conhecimento, os valores implícitos ou explícitos nas atividades da comunidade científica, os vínculos com a tecnologia, as relações com a sociedade e com o sistema técnico-científico e as contribuições deste conhecimento para a cultura e o progresso da sociedade (Acevedo Díaz *et al*, 2005). Esta visão de ciência pressupõe a existência de uma discussão histórico-epistemológica que permita compreender a complexidade da construção de fatos científicos e problematizar a concepção de que os fundamentos da ciência são comuns e imutáveis.

Dibar e Ure (2001) comentam que a publicação americana - *National Society for the Study of Education*, de 1960 - indicava que este fim básico para o ensino de ciências já havia sido proposto em 1920. Entretanto, ainda não tem sido satisfatoriamente atingido, considerando-se a sua presença constante como elemento crítico na literatura científica e, de forma explícita, nas reformas educativas tanto na Espanha quanto na Argentina. No Brasil tampouco os estudantes possuem a imagem de ciência que a educação científica deveria proporcionar, conforme demonstram pesquisas realizadas nas últimas décadas (Borges, 1991; Queiroz, 2003; Gastal; Rezende, 2004; entre outros).

Diante disso, a presente pesquisa teve como objetivo investigar que concepções de ciência possuem estudantes de um curso de Ciências Biológicas. A concepção de ciência que a norteou está em sintonia com a visão epistemológica de Ludwik Fleck (1896-1961). Este autor, além de atuar na área médica como clínico e pesquisador, manteve uma produção importante no campo da epistemologia (Da Ros, 2000; Delizoicov *et al*. 2002; Pfuetzenreiter, 2003) e tem sido usado recentemente como referência em trabalhos brasileiros sobre história da ciência e ensino (Delizoicov, N.; Delizoicov, 1999; Leite; Ferrari; Delizoicov, 2001; Scheid; Ferrari; Delizoicov; 2003; Scheid, Ferrari; Delizoicov, 2005).

Em suas considerações a respeito das compreensões e práticas estabelecidas pela ciência médica, Fleck introduz 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. 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. Os coletivos de pensamento estratificam-se em círculos: *o exotérico e o esotérico*. O primeiro é entendido como sendo constituído pelos indivíduos que, de uma ou outra forma, consomem o conhecimento produzido pelo segundo. Considerando que os indivíduos podem pertencer, simultaneamente, a inúmeros círculos exotéricos e esotéricos, Fleck (1986, p.154), propõe um modelo de circulação de idéias, ao afirmar que “*a complexa*

estrutura da sociedade moderna leva consigo que os coletivos de pensamento se interseccionem e inter-relacionem de formas diversas, tanto temporal quanto espacialmente”.

Acreditamos que a introdução da visão epistemológica acima apresentada no processo ensino-aprendizagem contribui com a melhoria da formação inicial de professores.

Elaboração dos instrumentos e caracterização metodológica da pesquisa

A parte empírica da investigação, realizada no segundo semestre letivo do ano de 2004, teve a colaboração de 31 estudantes que cursavam o sexto semestre do curso de Ciências Biológicas de uma universidade comunitária no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Esses estudantes no momento em que foram sujeitos da pesquisa, não haviam cursado qualquer disciplina ligada a um debate epistemológico, durante o curso.

Antes de iniciar o trabalho, os estudantes, depois de esclarecidos e informados sobre os objetivos da pesquisa e sobre a forma como os dados seriam utilizados, foram consultados sobre sua disposição em participar da mesma. Foi explicado que a aplicação do questionário e a realização das entrevistas ocorreriam no decorrer da disciplina de Metodologia do Ensino de Ciências Naturais e Biologia, e foi solicitada a permissão para a gravação, em áudio, das entrevistas.

As gravações das entrevistas, que tiveram duração média de 40 minutos, foram transcritas originando informações que foram categorizadas e analisadas. Os entrevistados foram identificados pelo sistema alfanumérico A1, A2,... An, resguardando-se a identidade dos mesmos. Esse sistema de identificação foi utilizado também para os questionários que foram respondidos anonimamente. Como a identificação ocorreu em duas etapas, sempre de forma anônima, o mesmo estudante pode ter recebido denominações diferentes. Assim, por exemplo, o estudante A3 do questionário pode não ser o estudante A3 da entrevista.

Na **primeira fase** da coleta de informações foi utilizada a técnica do questionário com questões abertas e fechadas, envolvendo todo o grupo de estudantes.

O roteiro básico do questionário foi dimensionado em dois tópicos principais: i) O primeiro tópico foi relativo a dados pessoais como idade, sexo, atividades extra-acadêmicas, entre outros; ii) O segundo tópico envolveu as concepções dos estudantes sobre a natureza da ciência, a importância da genética e suas aplicações tecnológicas, e as implicações éticas das novas biotecnologias.

A **segunda fase** da coleta de informações foi realizada com os estudantes que se dispuseram voluntariamente a participar de uma entrevista semi-estruturada. A entrevista semi-estruturada visou o aprofundamento de alguns aspectos relativos ao segundo tópico do questionário e quanto ao conhecimento da história da biologia molecular, à compreensão sobre a molécula do DNA entre outras.

Para a análise das entrevistas foi utilizada a técnica de análise de conteúdo de Bardin (1977). O procedimento inicial foi a decodificação dos dados contidos nas entrevistas, com descrição detalhada das idéias, chamada de estágio descritivo ou de análise categorial. Após a categorização dos dados, passou-se à fase interpretativa, com análise das manifestações dos sujeitos pesquisados para perceber que concepções de ciência possuíam.

A seguir, são apresentadas as bases teóricas que fundamentaram a elaboração do instrumento e os objetivos das questões propostas (anexo 1).

Situação 1: Buscou verificar como os estudantes interpretam a existência de conexões ativas e passivas na construção de um fato científico importante para a biologia molecular, no caso a proposição da dupla hélice. É fundamental, conforme Fleck (1986), considerar a existência de conexões ativas e passivas no processo de construção do conhecimento científico, pois, se o **objeto** envia informações que são captadas pelo **sujeito**, este o faz a partir de sua vivência, isto é, com seu estilo de pensamento que, por sua vez, está inserido em um coletivo de pensamento.

Fleck, ao considerar, no processo de construção de um fato científico, a existência de conexões ativas e conexões passivas entre sujeito e objeto do conhecimento, destaca que: *“Em primeiro lugar, é impossível isolar o objeto de observação do estilo de pensamento”* (Fleck, 1986c, p. 142).

Não obstante essa compreensão do processo de produção do conhecimento, Fleck afirma que: *“Sem dúvida, sempre se encontram no conhecimento cognoscitivo outras conexões que não são explicáveis nem pela história e nem pela psicologia (seja a individual ou coletiva). Justamente por isso parecem relações ‘reais’, ‘objetivas’ e ‘verdadeiras’. Denominarei estas conexões de passivas, em oposição às que qualificamos de ativas”* (Fleck, 1986, p.56). Em outros termos, apesar da ênfase na dependência do conhecimento na relação epistemológica estabelecida entre sujeito e objeto, há uma caracterização segundo a qual a perspectiva do realismo faz-se presente. Isso ocorre através de conexões que o autor chama de passivas, sendo as ativas resultado da elaboração cognoscitiva do sujeito no processo mediatizado pelas interações dele com o objeto e com o estilo de pensamento.

Em vista disso, a distinção entre as conexões ativas e conexões passivas não é possível, considerando-se que as conexões ativas são utilizadas para entender as conexões passivas.

Situação 2: Foi proposta para investigar qual o sentido atribuído pelos estudantes ao usar o termo modelo. No processo ensino-aprendizagem em ciências biológicas, quando se faz experimentação ou observação da natureza, durante as aulas, se está todo o tempo recorrendo a modelos. Não só o ensino, mas a própria produção do conhecimento científico se faz por meio de modelos, produzidos dentro de um coletivo e de um estilo de pensamento. A objetividade, na ciência e no ensino, resulta da aceitação do modelo pelo coletivo: por exemplo, todos os biólogos hoje aceitam a estrutura da dupla hélice, assim como aceitam o fato da evolução, a estrutura das proteínas, dos lipídeos, etc., pois todos os dados empíricos obtidos até o momento são consistentes com estes modelos, inseridos numa teoria que explica satisfatoriamente os fenômenos que observamos. No presente trabalho, nosso interesse era verificar até onde os estudantes distinguem os modelos da realidade, isto é, até onde confundem o modelo explicativo de um fenômeno com o próprio fenômeno.

Situação 3: Procurou identificar qual imagem os graduandos têm do conhecimento científico. Para o indivíduo portador de uma visão estática, o objetivo da ciência deve ser a busca de evidências científicas consideradas verdades inquestionáveis. Nesta visão, o cientista é considerado um agente passivo de uma ciência cuja natureza é estática, imparcial e desvinculada do contexto histórico. Por outro lado, a visão da ciência como uma construção humana, provisória, suscetível de reformulação e reconstrução, identifica a visão dinâmica do

conhecimento científico. Segundo esta visão, as teorias, as hipóteses e as leis científicas são provisórias e passíveis de questionamentos por serem construções individuais ou coletivas, dependentes das concepções do pesquisador ou dos pesquisadores.

Situação 4: Foi organizada para identificar a imagem que os estudantes têm dos cientistas e das instituições científicas. Por ser uma instituição social, a ciência sofre pressões da sociedade em que se insere, pois nela ocorrem relações de hierarquia e poder, propícias ao aparecimento de um ambiente de grande competitividade, que, somado a certas características pessoais de alguns cientistas, como a ambição desmedida, poderão levá-lo a tomar decisões que nem sempre são consideradas as mais adequadas para o benefício da humanidade (Silva *et al.*, 1994).

É mister que o estudante perceba que a ciência não consiste simplesmente na reunião de fatos verdadeiros acerca do mundo, mas também de alegações e de teorias acerca do mundo, feitas por pessoas que são chamadas de cientistas. Isso tudo decorre, em grande parte, daquilo que os cientistas dizem sobre o mundo, seja qual for o verdadeiro estado do mesmo. Além disso, a ciência tem uma função na formação da consciência não apenas sobre o mundo físico, mas também sobre o mundo político e social. As afirmações dos cientistas são importantes para iniciar uma educação científica que tornará os estudantes competentes para entender o mundo e formar atitudes (Lewontin, 2000). Portanto, é preciso uma educação científica que se envolva na formação da cidadania e, nesse aspecto, a adequada visão de ciência e de cientista que o estudante possui é um forte aliado.

Análise e discussão dos resultados

A seguir são apresentados os resultados obtidos com a realização da entrevista semi-estruturada (anexo 1) e com a aplicação do questionário (anexo 2) no que se relaciona às concepções sobre a natureza da ciência apresentadas pelos estudantes. É importante destacar que os resultados são apresentados com enfoque exploratório, com a classificação surgindo dos próprios dados e não de categorias elaboradas previamente. Todos os dados, bem como seu tratamento, são qualitativos. Para a apresentação dos resultados, não foi considerada a seqüência das situações ou questões, mas as categorias que emergiram a partir da análise dos dados, por entendermos essa forma como mais adequada diante dos objetivos propostos.

A compreensão do processo de construção da Ciência

Apresentam-se, a seguir, os resultados obtidos na situação 1 da entrevista, que objetivou verificar como os graduandos interpretam a existência de conexões ativas e passivas na construção de um fato científico importante para a biologia molecular.

Quando indagados sobre o que lhes vem à memória quando ouvem falar em DNA, duas respostas foram comuns: na primeira, mais freqüente, respondiam que o DNA lembra a dupla hélice; outra resposta era a de que o DNA representa nossas características, a receita para se construir um ser vivo. A grande maioria lembrou, facilmente, que foram James

Watson e Francis Crick que propuseram a estrutura de dupla hélice para o DNA, expressando a idéia de que foi através de experimentos que eles chegaram a esse conhecimento.

As conexões ativas e passivas que, de acordo com Fleck (1986), estão presentes na interação do sujeito com o objeto do conhecimento, na construção de um fato científico, parecem não ser levadas em consideração pelos estudantes. Nas suas respostas aparece um sujeito neutro, sem a carga sócio-cultural que vai orientar o que ele vai conhecer.

Nas palavras de Hubbard e Wald (1999, p.7), a compreensão da maneira como se constrói o conhecimento científico, em sintonia com a teoria epistemológica de Fleck, demonstra que “...*contrariamente à opinião popular, os cientistas não são observadores destacados da natureza e os fatos que descobrem não são simplesmente inerentes aos fenômenos naturais observados*”. Para construir os fatos, os cientistas precisam tomar decisões sobre o que consideram mais significativo, necessitam eleger as experiências que realizarão e a maneira como descreverão suas observações. Os autores, no entanto, ressaltam que essas escolhas não são meramente individuais ou idiossincráticas, mas refletem a sociedade em que os cientistas trabalham, o estilo e o coletivo de pensamento no qual estão inseridos.

Quando perguntada sobre como poderia ter sido possível para Watson e Crick obter a informação crucial para a construção do modelo de estrutura do DNA, vendo a fotografia B, feita por Rosalind Franklin a partir da técnica da difração por Raios-X a estudante A8 lembrou-se das figuras da *Gestalt* usadas por sua professora em uma das aulas. Como se pode verificar no Quadro I, a estudante não apenas lembrou das gravuras como as relacionou com a questão proposta.

Quadro I: Resposta da estudante sobre a possibilidade de ver a dupla hélice a partir da fotografia B.

Fragmento de entrevista

A8 –... Então é que nem naquela figura do coelho e do pato. Bom, vai ver que com o conhecimento que eles (Watson e Crick) tinham eles conseguiram ver. Entende, porque se tu não sabes como é o pato, tu não vais ver o pato naquela figura...

Percebe-se, na resposta da estudante, um ensaio de reflexão sobre o processo de construção da ciência. Apesar disso, ela tem ainda muito presente a visão empirista de ciência, provavelmente decorrente da formação científica recebida até o momento e em sintonia com a maioria de seus colegas, como se poderá verificar mais adiante.

De modo geral, pode-se afirmar que no discurso dos estudantes envolvidos no presente trabalho, percebe-se que eles acreditam que, para o conhecimento ser científico, precisa haver a comprovação experimental, como expresso no Quadro II. Aceitam que as teorias têm algum papel, porém, enfatizam mais o processo experimental.

Quadro II: Fragmento de entrevista que ilustra a importância atribuída ao experimento para a ciência.

Você acha que na ciência a gente pode construir conhecimento científico só a partir de idéias, de teorias, sem fazer experimento?

A8 – Acho que não, porque ciência é justamente isso, que tu tem que provar.

E – Você só consegue provar através de experimentos?

A8 – Através de experimentos, tem que fazer os experimentos para ti provar...

E – ... então, você só pode trabalhar na ciência aquilo que tem como provar experimentalmente?

A8 – É, experimentalmente.

(...)

E – Na ciência para a gente construir conhecimento científico, o que a gente precisa?

A8 – Certeza.

E – E como a gente vai ter certeza?

A8 – Através de experimentos.

A opinião expressa por A8, na qual se verifica uma visão que se poderia chamar de **experimentalista**, pois considera que o desenvolvimento do conhecimento científico requer necessariamente experimentos, coincide com os resultados obtidos por El-Hani, Tavares e Rocha (2004). Isso sugere que os estudantes não reconhecem métodos não-experimentais como cientificamente válidos. Por outro lado, respostas, como a da estudante A8: “... *na ciência tem que ter estes experimentos, tem que ficar provado...*” se aproximam de uma visão **verificacionista**, considerando que explicitam a idéia de que o teste das proposições científicas, através de experimentos, tem como propósito a comprovação dessas últimas, sem mencionar a possibilidade de refutação.

O destaque dado ao caráter experimental da atividade científica também foi verificado entre professores em exercício por Fourez (2003) que cita algumas razões para isso. Primeiramente, seria a razão da experiência ser decisiva na aceitação ou rejeição de um modelo científico, embora, hoje, se reconheça que a experiência nunca fala por si mesma, devendo sempre ser interpretada a partir de uma teoria. Além disso, uma outra forte razão seria o fato da atividade experimental exercer uma reconhecida autoridade, sobretudo entre as áreas não-científicas. Soma-se a isso a grande ênfase dada pelos livros-texto ao caráter experimental das ciências (Brush, 1974).

Para o grupo de estudantes que foi entrevistado, o conhecimento científico está dado na natureza. O papel do cientista é descobri-lo, e descobrir, como expressou uma aluna, é buscar um conhecimento que já existia, mas que ainda não era conhecido.

Quadro III: Fragmento de entrevista que manifesta a compreensão que a estudante tem de descoberta científica.

E – O que é descobrir?

A3- Descobrir a gente vai ver alguma coisa, vai achar alguma coisa sem que ninguém saiba ou sem que ninguém sabia da existência daquela coisa.

E – Mas ela já existia?

A3 – Já existia, só que ninguém sabia da existência daquela coisa...

E – Mas a coisa na natureza já estava ali daquela forma...

A3 – Sim, por isso ela teve de ser descoberta. E inventar é quando cria alguma coisa. Pega uma coisa e transforma em uma outra.

E – Então para você a molécula do DNA na natureza, ela já existe na forma de dupla hélice?

A3 – Já existe.

As respostas apresentadas no Quadro III são compatíveis com a visão empirista de ciência, embora existam riscos em classificar os estudantes de acordo com categorias epistemológicas (empiristas, positivistas, entre outras), como alertam Petrucci e Dibar Ure (2001). Considera-se isso porque a grande maioria dos estudantes dá uma importância excessiva à experiência sensorial, considerando-a, muitas vezes, como única fonte capaz de originar conhecimento. Temos um exemplo disso nas falas seguintes: A5 - *Ah, com experimentos que tu vê o que acontece;* e A8 – *Eu sou bem assim, tem que ver para ti provar, entende?*

Quando não é possível o próprio indivíduo “ver” o objeto do conhecimento, ele confia no livro, como diz a estudante A1: *A gente sabe dos livros, né? Porque a gente não tem como visualizar, pelo menos um DNA.* Contudo, o que fica claro nas explicações dos estudantes é que, na concepção deles, a experiência sensorial é determinante, tanto na compreensão, quanto na formulação de conceitos científicos.

Em relação ao sentido atribuído pelos estudantes ao termo modelo, objetivo da situação 2, as respostas obtidas indicam que os estudantes não os distinguem da realidade, isto é, a maioria confunde o modelo explicativo da estrutura do DNA com o próprio DNA. No Quadro IV estão algumas respostas que serviram de indicação para essa constatação.

Quadro IV: Respostas dos estudantes à indagação sobre modelos em ciências.

Fragmento de entrevista

A4: “Os modelos eu acredito que eles são verdadeiros, que eles são cópia da realidade, apenas são usados para fixar melhor a teoria... ver a realidade diretamente, a gente utiliza estes modelos”.

Fragmento de entrevista

E – Mas você consegue ver o DNA no Laboratório?

A5- Não.

E –... fica difícil, então, para você entender como ele é?

A5 – Não fica difícil porque você vê o desenho.

E – Ah, então você tem um modelo que ajuda a compreender... e o que é um modelo?

A5 – É algo que alguém formulou... e que você estuda em cima daquilo.

E – Este modelo representa a realidade?

A5 – Pelo jeito, sim.

E – Eu poderia dizer que o modelo é uma cópia da realidade?

A5 – (silêncio)

E – (entrevistadora comenta sobre as idéias que existem sobre modelos...).

E – O que é mais provável: que o modelo seja uma cópia da realidade ou que ele seja uma suposição?

A5 – Que eles sejam uma cópia da realidade.

A constatação está de acordo com Solomon, Scot e Duveen (1996), El-Hani, Tavares e Rocha (2004) e Oliveira (2004), que relatam a existência, no campo da educação científica, de dificuldades em distinguir modelo e realidade. Frequentemente, os estudantes acreditam que a realidade é descrita com fidelidade pelo modelo, isto é, não compreendem as diferenças entre o que é pensado e o que existe. Assim, estruturas moleculares como o DNA, por exemplo, não são compreendidas como conceitos, mas como espelhos - ou reflexos - da substância.

Oliveira (2004), argumenta que essa forma de identificação não representa qualquer problema, do ponto de vista da educação escolar, pois os exercícios e questões que são apresentados ao estudante não são modificados por ela. Ele alerta, porém, para o problema epistemológico, já que essa identificação contribui para o fortalecimento do determinismo e não favorece a proposição de novas questões. Se desejamos que o estudante seja um sujeito que participa, de maneira ativa, do processo de construção do conhecimento e não apenas memorize e repita verdades absolutas, ele precisa aprender a propor novos problemas e questões. É importante considerar que o próprio professor, ao propor novos problemas sobre o que é ensinado, pode suscitar questões sobre sua prática pedagógica, melhorando-a. Esse será um passo importante para uma educação em ciências que contribua para melhorar, no estudante, o gosto pela aprendizagem científica (Oliveira, 2004).

Em vista disso, Galagovsky e Adúriz-Bravo (2001) advertem que deve ficar claro para o estudante que todo modelo, como tal, é provisório, e que nenhum modelo científico possui a verdade absoluta e definitiva sobre algo.

Não é somente em relação aos modelos que as características devem ser explicitadas. Isto deve ser feito igualmente, conforme Lederman (1999), quando se deseja desenvolver, nos estudantes, uma compreensão sobre a natureza da ciência consistente com o conhecimento científico e as reformas educacionais atuais. Segundo o autor, para que seja verificada uma relação de concordância entre a concepção de natureza da ciência do professor e aquela de seus alunos, é fundamental a apresentação clara desse objetivo. Além de manter, em atividades de sala de aula, uma postura coerente com a visão que possui, o professor precisa também trabalhar tópicos sobre o assunto.

Entre os estudantes entrevistados, percebeu-se que a ciência não é vista como sendo construída, mas como algo dado, pronto. Suas opiniões demonstram desconhecimento da necessidade de validação do trabalho do cientista por parte da comunidade científica, para que ele seja reconhecido e possa ser apresentado publicamente. A ciência aparece revestida pela imagem da neutralidade, ignorando-se a relação entre o sujeito, o objeto e o estado do conhecimento.

Imagem de Ciência predominante entre os estudantes

A questão número 2 do questionário (anexo 2) faz parte da situação 3 do instrumento de pesquisa e buscou investigar a imagem dos graduandos em relação ao conhecimento científico.

Entre os entrevistados, percebeu-se muito presente a idéia de que o objetivo dos cientistas é produzir conhecimentos científicos corretos, mas que nem sempre eles dispõem de instrumentos e teorias adequadas no momento em que estão pesquisando o assunto. Essa idéia fica evidente ao se considerar o fato da mais expressiva concordância ter sido com as afirmações: “*Os cientistas atuais podem contestar as teorias ou proposições dos cientistas de tempos passados, ao usar técnicas novas ou instrumentos melhores*”, assinalada 26 vezes

pelos estudantes, e “*Podem ser encontrados fatores novos antes negligenciados, ou até mesmo, erros na investigação original correta*”, assinalada 17 vezes. Cabe ressaltar que a alternativa permitia escolhas múltiplas, possibilitando ao estudante eleger mais de uma. Houve alguns poucos casos de estudantes que assinalaram afirmações que demonstravam uma visão dinâmica e outras que indicavam uma visão contraditória, ou seja, uma visão estática de ciência.

Manifestar uma visão dinâmica de ciência ao responder à situação 3 proposta no questionário, no entanto, pode não refletir a imagem de ciência que os estudantes possuem. Suas respostas podem ter sido baseadas em intuições de suas experiências diárias. Vivenciamos, atualmente, numerosas e rápidas mudanças decorrentes do avanço científico e de suas aplicações tecnológicas. Durante a entrevista, quando inquiridos sobre a possibilidade de um dia se poder chegar à conclusão de que a molécula de DNA não é uma dupla hélice, os estudantes manifestaram diversas vezes, como justificativa, o fato de a humanidade atualmente estar originando novos conhecimentos a partir de instrumentos mais precisos, e novos produtos chegarem diariamente ao consumidor, frutos da aplicação desses conhecimentos.

Ao responder à questão 3 do questionário (anexo 2), elaborada a partir de duas afirmações extraídas de Borges (1996), os estudantes evidenciaram uma visão construtivista e dinâmica de ciência, pois houve mais estudantes elegendo a alternativa B como a preferida, se fossem dar uma aula sobre a forma como se constrói o conhecimento científico. No entanto, existe a possibilidade dos estudantes terem respondido considerando a aquisição de conhecimento pelo indivíduo ao longo da vida e não o conhecimento científico. As explicações dos estudantes, para a escolha da alternativa, contêm alguns indícios como, por exemplo, as respostas de A5: “*Escolheria a letra A, e não mudaria nada, pois acredito que o conhecimento encontra-se fora de nós e que temos que buscá-lo. Se não fosse assim, não precisaria de ‘aperfeiçoamento e busca de conhecimentos’*” e de A20: “*Escolheria a letra B, porque adquirimos o conhecimento durante nossa vida, através das experiências vividas e da convivência com as outras pessoas, e através da cultura*” que indicam que os estudantes não responderam pensando, especificamente, no conhecimento científico. El-Hani, Tavares e Rocha (2004), numa investigação com estudantes de um curso de Ciências Biológicas, identificaram um equilíbrio entre os estudantes que admitiram e os que não admitiram haver demarcação entre ciência e outras formas de conhecimento.

A (não)neutralidade da ciência

A ciência ocupa um lugar privilegiado na cultura atual, e os produtos tecnológicos decorrentes dos conhecimentos científicos produzidos estão, cada vez mais, presentes no cotidiano dos cidadãos. Por outro lado, a consolidação da democracia vem criando espaços de participação da sociedade em temas polêmicos e que exigem conhecimentos científicos e tecnológicos básicos para a tomada de decisões adequadas. Em vista disso, foi organizada a situação 4 para identificar a imagem que os estudantes têm dos cientistas e das instituições científicas, pois é um importante fator a ser considerado na educação científica.

Pesquisas revelam que há, ainda, entre os leigos, uma visão estereotipada dos cientistas, contribuindo para a imagem de um profissional isento dos problemas do cotidiano (Freire-Maia, 1998; Manassero Mas; Vázquez Alonso, 2001; Loureiro; Míguez; Otegui, 2004).

Na sociedade atual, a ciência seguidamente é apresentada como tendo uma autoridade que legitima muitas atividades ou produtos. Ouvem-se, freqüentemente, em especial nas propagandas, comentários como: “isto foi cientificamente comprovado...”. Essa autoridade nasce das relações que constituem a comunidade científica, ou ainda, a autoridade da ciência não é fruto de qualidades abstratas do método científico, mas surge a partir de relações sociais concretas (Susi, 1994). Na ciência, verdade é o que é validado pelas relações que circulam entre os integrantes de uma comunidade científica. Isso corrobora o que Fleck (1986) afirma ser a construção de um fato científico, que se realiza no interior de um coletivo de pensamento, mediado por um estilo de pensar.

Pode-se inferir que a imagem positiva que a autoridade do cientista confere no momento em que precisam ser tomadas decisões em assuntos polêmicos decorre da suposta neutralidade que é atribuída ao seu trabalho. A resposta da estudante A9: “*Sim, porque eles defendem a pesquisa e regulam com cuidado o uso comercial de transgênicos*” é um indicativo.

Da mesma forma, algumas das respostas à questão 4.c do questionário: “*As decisões científicas levam em consideração o bem estar da humanidade, enquanto as regras do mercado econômico visam a maior parcela do lucro possível. O que você pensa disso?*” também demonstram uma imagem de neutralidade em relação ao trabalho dos cientistas.

Considero significativo o fato de um considerável número de estudantes ter respondido, na questão referida anteriormente, que não se deveriam ouvir apenas os cientistas. As justificativas foram de que é preciso ouvir também a população - que vai consumir esses alimentos - os médicos - que entendem mais da saúde - e os agricultores - que irão cultivá-los. A estudante A7 respondeu: “*Não, porque não se pode ter plena garantia da neutralidade do cientista*”. Perceber o cientista como um indivíduo que sofre a influência do contexto social, histórico e econômico no qual está inserido é um passo importante para uma compreensão adequada da natureza da ciência. Se o conhecimento científico for visto como uma construção humana, em permanente transformação, então as afirmações científicas são provisórias e não podem ser aceitas como completas e definitivas. Por isso, algumas respostas dos entrevistados, quando indagados sobre o papel que cabe aos cientistas no Projeto de Lei que regulamenta o uso dos transgênicos, provocam inquietações, como, por exemplo, as falas das estudantes: A15 – *Divulgar o conhecimento correto*; e A29 – *Esclarecer a verdade sobre os transgênicos*.

Essas opiniões expressam uma consideração do conhecimento científico como absoluto e como se o trabalho dos cientistas se resumisse ao objetivo de descobrir leis naturais e verdades. Essa concepção de ciência terá repercussões na forma com que esses estudantes ensinarão, futuramente, temas mais polêmicos em biologia, como são os relacionados à biologia molecular. Essa área, que se caracteriza por transformações rápidas do estado do conhecimento, com a presença de muitas incertezas, é apontada, atualmente, em muitas pesquisas, como sendo a mais problemática para o ensino científico. A compreensão das idéias de Fleck (1986) sobre como ocorre a construção do conhecimento pode trazer grandes contribuições ao processo ensino-aprendizagem de biologia e minimizar os problemas encontrados.

Conclusões

No presente artigo relatamos uma pesquisa realizada com 31 estudantes de um curso de graduação em Ciências Biológicas, com o objetivo de investigar suas concepções sobre natureza da ciência. A metodologia consistiu na aplicação de um questionário e realização de entrevistas semi-estruturadas a partir de situações problematizadoras, com um roteiro básico de questões envolvendo conhecimentos de genética. O trabalho realizado é parte de um projeto desenvolvido pelos autores e tem como pressuposto que a concepção de ciência terá repercussões na forma desses futuros professores ensinarem temas polêmicos em biologia, como são os relacionados à biologia molecular.

Nossos resultados, que são concordantes com aqueles obtidos por Gilbert (1999), indicam que persiste a visão de que o trabalho dos cientistas se caracteriza pela descoberta de leis naturais e verdades, isto é, que o conhecimento científico é absoluto. Observamos ainda o predomínio de uma concepção indutivista-empirista e atórica, na qual a observação e a experimentação são entendidas como atividades neutras, independentes de compromissos teóricos. Além de uma visão de ciência socialmente neutra e descontextualizada, há uma visão elitista, na qual o conhecimento científico é visto como obra de gênios isolados, esquecendo-se a natureza cooperativa do trabalho científico. Estas concepções, dentre outras, caracterizam uma visão da natureza da ciência que poderia ser denominada de inadequada e não sintonizada com a concepção epistemológica de Fleck (1986).

Ao final, ficam algumas constatações e necessidades:

- A ciência ocupa um lugar privilegiado na cultura atual e a imagem que os estudantes têm da ciência e dos cientistas é importante fator a ser considerado na educação científica;
- Os cursos de formação de professores das áreas científicas, tanto a inicial quanto a continuada, raramente apresentam uma base epistemológica que propicie uma reflexão sobre a natureza da ciência;
- O ensino de ciências na maioria das vezes se restringe unicamente aos conteúdos científicos, desenvolvendo, nos estudantes, a concepção de que a ciência é apenas um corpo organizado de conhecimentos, ignorando que por detrás dos conhecimentos existe um processo dinâmico de construção que é influenciado por vários fatores.
- Faz-se necessário ir além da concepção de ciência como **produto** de um empreendimento para descobrir fatos e estabelecer conceitos gerais, levando-a a ser considerada como **processo** e como **instituição** (Krasilchik; Marandino, 2004). Em vista disto, argumentamos que uma boa formação do professor de ciências é, cada vez mais, imprescindível. Esta formação deverá oferecer condições para que ele não se atenha ao que é apresentado nos livros didáticos, muitas vezes, de forma superficial. Sua formação deverá ser acrescida de discussões filosóficas e históricas pertinentes. Desenvolver no professor o hábito de pesquisa e cultivo de uma visão de ciência como um processo que se desenvolve inserido num contexto sócio-histórico-cultural, são os maiores desafios que se impõem neste momento. A concepção de ciência sintonizada com a epistemologia de Ludwik Fleck surge como uma alternativa para possibilitar a educação científica que o atual estado do conhecimento científico e as tecnologias dele decorrentes demandam, especialmente na área das ciências biológicas.

Referências

- ACEVEDO DÍAZ, J.A. Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. Eureka, Vol. 1, n.1, 2005, p.3-16.
- ALBERTS, B.; BRAY, D.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WATSON, J.D. *Biologia Molecular da Célula*. 3 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Rio de Janeiro: Edições 70, 1977.
- BORGES, R. M. R. *A Natureza do Conhecimento Científico e a Educação em Ciências*. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1991.
- _____. *Em debate: cientificidade e educação em ciências*. Porto Alegre: SE/CECIRS, 1996.
- BROWN, T. A. *Genética: um enfoque molecular*. 3 ed. Rio de Janeiro: G. Koogan, 1999.
- BRUSH, S. G. Should the History of Science Be Rated X? *Science*, Vol. 183, 1974, p. 1164-1172.
- DA ROS, M.A. *Estilos de pensamento em Saúde Pública: um estudo da produção FSP-USP e ENSP-FIOCRUZ, entre 1948 e 1994, a partir da epistemologia de Ludwik Fleck*. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- DELIZOICOV, D. *et al.* Sociogênese do Conhecimento e Pesquisa em Ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano. *Cad. Bras. de Ens. de Física*. Vol.19, 2002, p.52-69 .
- DELIZOICOV, NADIR C., N.; DELIZOICOV, D. Trajeto do sangue no corpo humano: instauração – extensão – transformação de um estilo de pensamento. Atas do II encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Valinhos, São Paulo, 1999.
- EL-HANI, C. N; TAVARES, E. J. M.; ROCHA, P. L. B. da. Concepções epistemológicas de estudantes de Biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre História e Filosofia das Ciências. *Revista Eletrônica: Investigações em ensino de Ciências*, IF-UFRGS, Vol. 9, n.3, 2004, p. 01-50.
- FLECK, L. *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. Madrid: Alianza Editorial, 1986.
- FOUREZ, G. Crise no ensino de Ciências? *Revista Eletrônica: Investigações em Ensino de Ciências*, IF-UFRGS, Vol. 8, n. 2, 2003.
- FREIRE-MAIA, N. *A ciência por dentro*. 5 ed. Petrópolis: Vozes, 1998.
- GALAGOVSKY, Lydia; ADÚRIZ- BRAVO, Agustín. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*. Barcelona, Vol. 2, n. 19, 2001, p. 231-242.

- GASTAL, M. L.; REZENDE, L. Importância do curso de graduação na concepção de ciência dos estudantes de Ciências Biológicas. Caderno de Programas e Resumos do IX Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia. Campinas: Graf. FE/UNICAMP, 2004, p. 51-52.
- GILBERT, J. K. On the Explanation of Change in Science and Cognition. *Science & Education*, Vol. 8, 1999, p. 543-557.
- HUBBARD, R.; WALD, E. Exploding the Gene Myth. Boston: Beacon, 1999.
- KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. Ensino de Ciências e Cidadania. São Paulo: Moderna, 2004.
- LEDERMAN, N.G. Teacher's Understanding of the Nature of Science and Classroom Practice: Factors that Facilitate or Impede the Relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 36, 1999, p. 916-929.
- LEITE, R. C. M.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A História das Leis de Mendel na Perspectiva Fleckiana. *Revista Bras. de Pesq. em Educ. em Ciências*, vol. 1, n. 2, 2001, p.97-108.
- LEWONTIN, R. C. Biologia como ideologia: a doutrina do DNA. Trad. F. A. Moura Duarte, Francine Muniz e José Tadeu de Sales. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2000
- LOUREIRO, S.; MÍGUEZ, M.; OTEGUI, X. ¿Ciencia em las aulas o el mundo de Beakman? In: Anais do IV Encuentro de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur. Buenos Aires: Asociación de Filosofía e Historia de la Ciencia del Cono Sur, 22 al 25 de marzo de 2004 (CDROM).
- MANASSERO MAS, M. A.; VÁZQUEZ ALONSO, A. Actitudes de Estudiantes y Profesorado sobre las características de los científicos. *Enseñanza de las Ciencias*. Barcelona, Vol. 2, n.19, 2001, p. 255-267.
- OLIVEIRA, R. J. La Complejidad y la Enseñanza de las Ciencias: Un Desafío Siempre Presente. *Conversación*. Montevideo, n. 8, 2004, p. 25-30.
- PFEUTZENREITER, M. R. O ensino da medicina veterinária preventiva e saúde pública nos cursos de Medicina Veterinária. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- PETRUCCI, D.; DIBAR URE, M. C. Imagen de la Ciencia en alumnos universitarios: una revisión y resultados. *Enseñanza de las Ciencias*. Barcelona, Vol. 2, n. 19, 2001, p. 217-229.
- QUEIROZ, S. L. Prática de Ensino de Química: elaborando um mini-curso com ênfase na compreensão da natureza da ciência e do seu papel na sociedade. VI Escola de Verão para Professores de Práticas de Ensino de Biologia, Física, Química e Áreas Afins. Anais... Niterói, (CD – Rom), 2003.
- SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N. ; DELIZOICOV, D. A proposição do modelo de DNA: um exemplo de como a história da ciência pode contribuir para o ensino de Genética. In:

Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 4, *Atas...* Associação Brasileira de Pesquisadores em Educação em Ciências, Bauru. (CD-Rom), 2003.

_____. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. *Ciência & Educação*, Vol. 11, n. 2, 2005, p. 223-233.

SILVA, C.; SILVA, P.; PASSOS, P.; MORAIS, A. M.; NEVES, I. P. A construção da ciência e o ensino da ciência: a fraude em ciência. *Revista de Educação*, Lisboa, Vol. 4, n.1/2, 1994, p. 171-174.

SOLOMON, J.; SCOT, L.; DUVEEN, J. Large scale exploration of pupil's understanding of the nature of science. *Science Education*, n. 80, 1996, p. 493-508.

SUSI, E. Ciencia y Género: autoridad y medida en la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, Vol.2, n.12, 1994, p. 200-206.

Recebido em 04.01.2006

Aceito em 17.05.2007

ANEXO 1

As situações elaboradas para balizar a busca dos dados de pesquisa.

Situação 1

Extraída de: GENÉTICA: UM ENFOQUE MOLECULAR (BROWN, 1999).

A descoberta da dupla hélice por James Watson e Francis Crick em Cambridge, 1953, foi um dos grandes triunfos da dedução na história da ciência e tem influenciado cada aspecto da Genética molecular, bem como da biologia como um todo (p. 24-25).

Questões propostas:

1. Quando a gente fala em DNA, o que você lembra?
2. Como é a molécula do DNA?
3. Na Figura 1 (anexo 3) temos duas representações do modelo de estrutura do DNA. Como a gente sabe que a estrutura do DNA é assim?
(F2= Do livro: BIOLOGIA MOLECULAR DA CÉLULA (ALBERTS *et al.*, 1997, p. 101). Representação esquemática e modelo espacial)
4. A gravura na Figura 2 (F2 – anexo 4) que é uma fotografia feita a partir da microscopia eletrônica apresenta uma molécula de DNA. Conseguimos ver a dupla hélice nessa fotografia? Onde está a dupla-hélice?
(F2 = Do livro: BIOLOGIA MOLECULAR DA CÉLULA (ALBERTS *et al.*, 1997, p. 101).
5. Na figura 3 (F3 – anexo 5) tem duas fotos de difração por Raios-X de uma molécula de DNA, feita pela cientista Rosalind Franklin. Segundo os historiadores da ciência a foto B foi decisiva para a proposição do modelo de dupla-hélice do DNA. Você já viu estas figuras? Onde? Você já viu explicações dessas figuras?
(se a resposta do aluno for “Sim”):
Você acha que é possível concluir que o DNA tem a estrutura de dupla hélice interpretando esta fotografia? Onde está a “informação decisiva”?
(se a resposta for negativa, então dar a explicação: dizer que são fotos de moléculas de DNA, obtidas por difração de Raios-X). Watson e Crick se basearam nelas para dizer que a estrutura do DNA é uma dupla hélice. Você acha que é possível concluir que o DNA tem a estrutura de dupla hélice interpretando esta fotografia? (Se a resposta for Não) - Será que eles usaram outras coisas para tirar as conclusões deles?... Você sabia que eles trabalharam com modelos primeiramente em papelão...?
Tudo saiu da cabeça deles (de Watson e Crick)? Chargaff... Pauling...etc.
Será que eles concluíram que uma Adenina está sempre ligada a uma Timina e uma Citosina está sempre ligada a Guanina na molécula, quando eles viram estas fotos, ou foi quando eles usaram estes conhecimentos junto com a produção de modelos em papel e arame.
Você sabia que, antes de Watson e Crick trabalharem com o DNA. Outros pesquisadores já haviam concluído que as ligações ocorriam entre Adenina e Timina, assim como entre Citosina e Guanina, quando observaram que as quantidades de Citosina eram iguais as de Guanina e que as quantidades de Adenina eram iguais a Timina?

Em muitos textos a gente lê que Watson e Crick “**descobriram**” a estrutura da molécula de DNA.

Descobrir é igual ou diferente de inventar?

O que significa, pra você “inventar”? E “descobrir”?

(Possíveis respostas):

A) Descobriram porque...:

- ... a molécula do DNA é uma dupla hélice e estava lá o tempo todo, para ser descoberta.
- ... foram realizados experimentos para chegar até a molécula.

B) Inventaram porque:

- ... é uma interpretação de fatos experimentais que os cientistas fazem.
- ... as teorias vêm da mente, isto é, são criadas.

Situação 2

No Jornal da Ciência (edição de 06/08/04) o professor Darcy Fontoura de Almeida escreveu que Watson e Crick: *“Após algum insucesso, em dois meses de trabalho chegaram, em 1953, à estrutura da famosa hélice dupla. Para isso, não realizaram trabalho experimental algum; valeram-se dos dados obtidos por outros cientistas e da criação de modelos”*.

1. O que você acha disso? Será que na Ciência o cientista pode produzir novos conhecimentos por meio de teorias? E por meio de experimentos?

Ou será que tem que ter as duas coisas? Chegar ao conhecimento sem fazer, ele mesmo, experimentos? Ou isso é (im) possível?

2. Você conhece outros modelos em Biologia? O do DNA é o mais importante? Síntese de proteínas, divisão celular, etapas do desenvolvimento embrionário?

Assim como o modelo de dupla hélice para a estrutura do DNA, muitos outros modelos científicos são usados em laboratórios de pesquisa. Quais? O que são os modelos?

(Possíveis respostas)

A) São cópias da realidade porque...:

- Os cientistas dizem que eles são verdadeiros, então eles devem ser verdadeiros.
- Foi com muita evidência científica que se provou que eles são verdadeiros.
- São verdades da vida. Seu propósito é nos mostrar a realidade ou nos ensinar algo sobre ela.
- Eles estão baseados em observações científicas e pesquisa.

B) Não são cópias da realidade, isto é:

- São úteis simplesmente para aprender e explicar, dentro de suas limitações.
- Eles mudam com o tempo e com o estado do conhecimento.
- Estes modelos devem ser idéias ou suposições, uma vez que não se pode ver a “coisa” de fato.

Situação 3

Extraída de: FUNDAMENTOS DA BIOLOGIA CELULAR (ALBERTS *et al.*, 1999).

Os primeiros resultados de difração de raios X indicaram que o DNA era composto de duas fitas enroladas em uma hélice. A observação de que o DNA era uma fita dupla foi de um significado crucial. Ela forneceu um dos maiores indícios que levaram, em 1953, a um modelo correto para a estrutura do DNA (p. 187).

A descoberta da estrutura da dupla hélice do DNA foi um marco na biologia do século XX porque imediatamente sugeriu respostas a essas questões e, portanto, resolveu o problema da hereditariedade em âmbito molecular (p. 190).

Questões propostas:

1. O texto fala que em 1953, foi proposto “um modelo correto para a estrutura do DNA”. Você acredita que isso é uma verdade? Por quê?

2. Logo a seguir, está escrito que a dupla hélice “resolveu o problema da hereditariedade em âmbito molecular”. O que você acha disto?

3. Você acha que no futuro se poderão verificar erros no modelo de hélice dupla? Acha possível que ele seja modificado? Ligeiramente? Radicalmente?

(Possíveis respostas)

A) (Não). Então podemos dizer que o modelo de dupla hélice é certo? Podemos dizer que é verdade que o DNA é uma dupla hélice?

B) (Sim). Então na ciência pode haver erros?

4. Assinale as afirmações abaixo com as quais você concorda.

* Você pensa que o conhecimento científico pode mudar no futuro? Porque:

() O conhecimento científico parece mudar com o tempo, porque conhecimentos novos surgem e complementam os conhecimentos velhos porque o conhecimento novo é adicionado ao conhecimento velho que não muda.

() Os cientistas atuais podem contestar as teorias ou proposições dos cientistas de tempos passados, ao usar técnicas novas ou instrumentos melhores.

() Podem ser encontrados fatores novos antes negligenciados, ou até mesmo erros na investigação original correta.

() As idéias atuais explicam mais coisas que as idéias precedentes.

() O conhecimento velho é reinterpretado levando em conta novos conhecimentos, pois os fatos científicos podem mudar.

() O conhecimento científico parece mudar porque a interpretação ou a aplicação dos fatos velhos pode mudar; Porém, experiências corretamente terminadas produzem fatos inalteráveis;

5. Qual a sua opinião sobre as seguintes afirmações extraídas de: EM DEBATE: CIENTIFICIDADE E EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (BORGES, 1996)?

- Se você fosse dar uma aula sobre esse assunto, como vocêalaria?

- Você mudaria alguma coisa?

O conhecimento encontra-se fora de nós, é exterior e deve ser buscado. Existe um método que a ciência utiliza para buscar esse conhecimento, que é o experimental, consiste, basicamente, em: a) observação dos fenômenos; b) medida das principais grandezas envolvidas; c) busca de relações entre essas grandezas, com o objetivo de descobrir as leis que regem os fenômenos que estão sendo pesquisados. Este processo, que permite chegar a conclusões gerais a partir de casos particulares, e denominado indução – e é uma das características fundamentais da

ciência. Ele possibilita atingir um conhecimento seguro, baseado na evidência observacional e experimental (p. 12).

O conhecimento não se encontra nem em nós, nem fora de nós, mas é construído, progressivamente, pelas interações que estabelecemos. As teorias (nossos conhecimentos, memórias e crenças) precedem observações, influenciando-as (p. 17).

Situação 4

Extraída de: “Carta ao leitor”, revista Ciência Hoje, n. 203, abril de 2004.

A Câmara dos Deputados, no dia 5 de fevereiro deste ano, deu passo significativo na modernização da política brasileira de biossegurança. A controversa questão dos organismos geneticamente modificados – os transgênicos - ganhou adequada moldura legal, distinguindo as dimensões da pesquisa científica das ligadas ao mercado e ao aproveitamento comercial dos resultados em biotecnologia. O papel dos cientistas brasileiros nesse processo foi fundamental, já que ajudou a separar duas atitudes básicas e distintas: a defesa da liberdade de pesquisa – fundamental para o avanço do conhecimento – e a regulação cuidadosa do uso comercial de transgênicos, já que este, por definição, segue lógicas que nem sempre coincidem com o interesse público. Nessa regulação, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), composta por cientistas, representantes do governo e de associações científicas, tem um papel fundamental. Por tratar-se de tema de considerável complexidade científica, é vital que o processo decisório nesta área guarde a maior distância possível de injunções do mercado e da pequena política (p. 01).

Questões propostas:

- a) Qual o papel da Ciência e do cientista neste Projeto de Lei?
- b) Em relação aos transgênicos, não seria suficiente ouvir a opinião dos cientistas para proibi-los ou liberá-los para consumo humano, por exemplo? Por quê?
- c) As decisões científicas levam em consideração o bem estar da humanidade, enquanto as regras do mercado econômico visam a maior parcela de lucro possível. O que você pensa disso?
- d) Qual o papel do cidadão frente a um tema complexo como é o da regulamentação do uso comercial dos transgênicos?

ANEXO 2

Questionário

1. Declaração de consentimento

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
CAMPUS DE SANTO ÂNGELO

Declaro que consinto em participar como voluntário do Projeto de Tese “Inserção da História da Ciência no ensino de Genética: repercussões na formação inicial de professores de Biologia”, sob a responsabilidade da pesquisadora professora Neusa Maria John Scheid. Declaro que fui satisfatoriamente esclarecido que: A) estou livre para, a qualquer momento, recusar a responder às perguntas que ocasionem constrangimentos de alguma natureza; B) posso deixar de participar da pesquisa e que não preciso apresentar justificativas para isso; C) que serei informado de todos os resultados obtidos, independentemente do fato de mudar meu consentimento em participar da pesquisa; D) que não terei quaisquer benefícios ou direitos financeiros sobre os eventuais resultados decorrentes da pesquisa; E) que esta pesquisa é importante para o estudo e melhor entendimento do assunto. Assim, consinto em participar do projeto de pesquisa em questão.

2. Perguntas

1. Dados de identificação:

- a) Idade: _____ anos
- b) Sexo: () Masculino () Feminino
- c) Já é professor/a: () Sim () Não
- d) Se a resposta anterior for sim, assinale a disciplina e o nível de ensino em que ministra aulas:
- () Anos Iniciais () Ciências – EF () Matemática – EF () Biologia- EM
() outra. Qual? _____

2. Assinale as afirmações abaixo com as quais você concorda.

* Você pensa que o conhecimento científico pode mudar no futuro? Porque:

- a) () O conhecimento científico parece mudar com o tempo, porque conhecimentos novos surgem e complementam os conhecimentos velhos porque o conhecimento novo é adicionado ao conhecimento velho que não muda.
- b) () Os cientistas atuais podem contestar as teorias ou proposições dos cientistas de tempos passados, ao usar técnicas novas ou instrumentos melhores.
- c) () Podem ser encontrados fatores novos antes negligenciados, ou até mesmo erros na investigação original correta.
- d) () As idéias atuais explicam mais coisas que as idéias precedentes.
- e) () O conhecimento velho é reinterpretado levando em conta novos conhecimentos, pois os fatos científicos podem mudar.

f) () O conhecimento científico parece mudar porque a interpretação ou a aplicação dos fatos velhos pode mudar; Porém, experiências corretamente terminadas produzem fatos inalteráveis.

3. Qual a sua opinião sobre as seguintes afirmações extraídas de Borges (1996)?

- Se você fosse dar uma aula sobre esse assunto, qual delas você escolheria?
- Como você falaria? Você mudaria alguma coisa?

A) “O conhecimento encontra-se fora de nós, é exterior e deve ser buscado. Existe um método que a ciência utiliza para buscar esse conhecimento, que é o experimental, consiste, basicamente, em: a) observação dos fenômenos; b) medida das principais grandezas envolvidas; c) busca de relações entre essas grandezas, com o objetivo de descobrir as leis que regem os fenômenos que estão sendo pesquisados. Este processo, que permite chegar a conclusões gerais a partir de casos particulares, e denominado indução – e é uma das características fundamentais da ciência. Ele possibilita atingir um conhecimento seguro, baseado na evidência observacional e experimental” (p.12).

B) “O conhecimento não se encontra nem em nós, nem fora de nós, mas é construído, progressivamente, pelas interações que estabelecemos. As teorias (nossos conhecimentos, memórias e crenças) precedem observações, influenciando-as”(p. 17).

4. Leia o texto a seguir extraído da sessão “Carta ao leitor”, da Ciência Hoje, n. 203, de abril de 2004,

“**A Câmara dos Deputados**, no dia 5 de fevereiro deste ano, deu passo significativo na modernização da política brasileira de biossegurança. A controversa questão dos organismos geneticamente modificados – os transgênicos - ganhou adequada moldura legal, distinguindo as dimensões da pesquisa científica das ligadas ao mercado e ao aproveitamento comercial dos resultados em biotecnologia. O papel dos cientistas brasileiros nesse processo foi fundamental, já que ajudou a separar duas atitudes básicas e distintas: a defesa da liberdade de pesquisa – fundamental para o avanço do conhecimento – e a regulação cuidadosa do uso comercial de transgênicos, já que este, por definição, segue lógicas que nem sempre coincidem com o interesse público. Nessa regulação, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), composta por cientistas, representantes do governo e de associações científicas, tem um papel fundamental. Por tratar-se de tema de considerável complexidade científica, é vital que o processo decisório nesta área guarde a maior distância possível de injunções do mercado e da pequena política”(p. 01).

a) Qual o papel da ciência e do cientista neste Projeto de Lei?

b) Em relação aos transgênicos, não seria suficiente ouvir a opinião dos cientistas para proibi-los ou liberá-los para consumo humano, por exemplo? Por quê?

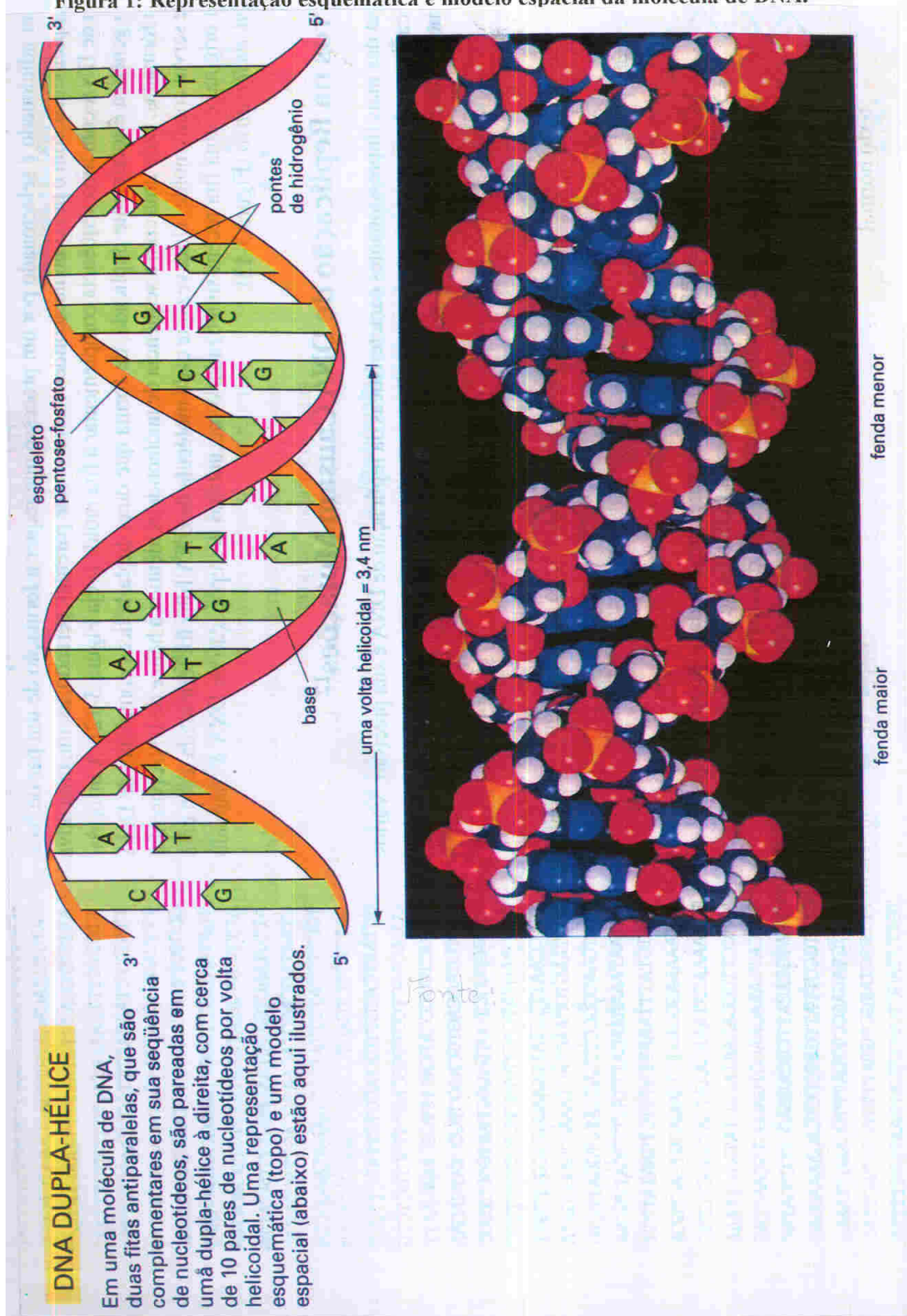
c) As decisões científicas levam em consideração o bem estar da humanidade, enquanto as regras do mercado econômico visam a maior parcela de lucro possível. O que você pensa disso?

d) Qual o papel do cidadão frente a um tema complexo como está sendo o da regulação do uso comercial dos transgênicos?

Muito obrigada pela sua colaboração!

ANEXO 3

Figura 1: Representação esquemática e modelo espacial da molécula de DNA.



Fonte: ALBERTS, *et al.* **Biologia Molecular da Célula**, Trad. Amauri Braga Simonetti *et al.* 3 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997, p. 101.

ANEXO 4

Figura 2: Fotografia da molécula de DNA, feita a partir da microscopia eletrônica.

24 | O GENOMA HUMANO: ESTRUTURA E FUNÇÃO DOS GENES E CROMOSSOMOS

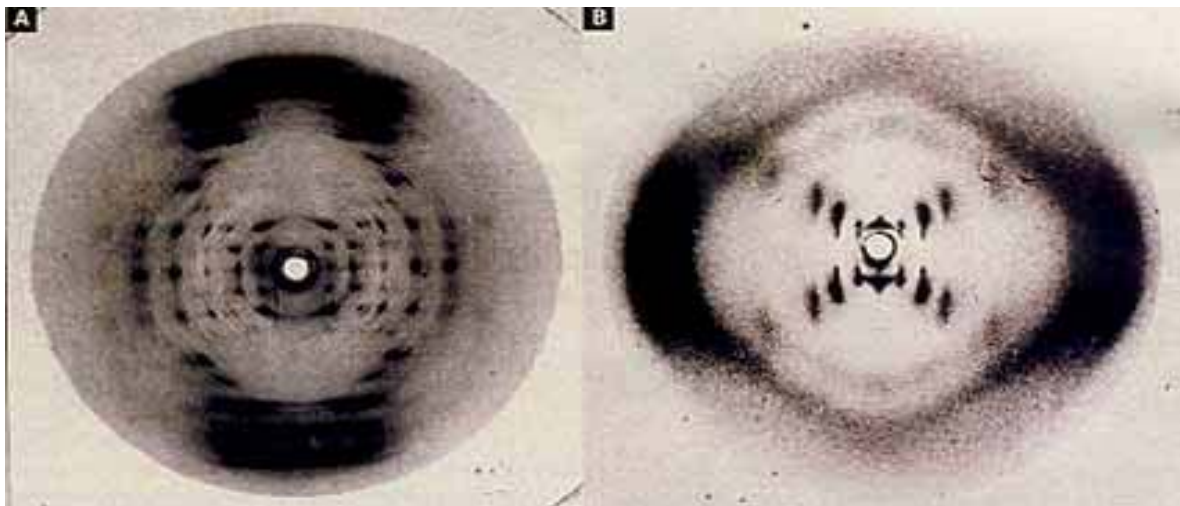


Fig. 3.12 Micrografia eletrônica de um cromossomo metafásico sem proteína, mostrando o arcabouço cromossômico residual e as alças do DNA. As fibras individuais do DNA podem ser mais bem visualizadas nas margens das alças de DNA. Barra = 2 μ . (De Paulson J. R., Laemmli U. K. [1977] The structure of histone-depleted metaphase chromosomes. Cell 12:817-828. Reimpresso com permissão dos autores e Cell Press.)

Fonte: BORGES - OSÓRIO, M. R.; ROBINSON, W. M.: **Genética Humana**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993, p. 24.

ANEXO 5

Figura 3: Fotos de difração por Raio-X de uma molécula de DNA, feita pela cientista Rosalind Franklin



Fonte: <http://cienciahoje.uol.com.br/controlPanel/materia/view/811>