

RELAÇÕES ENTRE CIÊNCIA/TECNOLOGIA/SOCIEDADE O que nos dizem os livros didáticos de Biologia?

Antonio Carlos Rodrigues de Amorim*

1. INTRODUÇÃO

Quando pensamos em analisar aspectos relacionados à metodologia de ensino de qualquer disciplina escolar é importante que não desvinculemos a instituição “escola” da sociedade de que participa, cujas ideologias influenciam sensivelmente o rumo das orientações pedagógicas, selecionando em uma certa época aspectos que se julgam mais importantes.

Esse pressuposto colabora para entendermos por que, dos movimentos de inovação dentro do currículo de Ciências, têm-se destacado, a partir da década de 80, discussões sobre a abordagem do ensino de Ciências no contexto das interações entre Ciências/Tecnologia/Sociedade (CTS).

O avanço das forças produtivas e as exigências colocadas pelo trabalho produtivo foram, cada vez mais, alterando a posição da ciência e da tecnologia na sociedade. De lugar marginal, o binômio C&T passou a ocupar o centro da sociedade. Hoje, espera-se que tanto a ciência como a tecnologia sejam produzidas em benefício da nação e incluídas como prioridades em planos nacionais e de desenvolvimento (Dal PIAN, 1992). A ciência e a tecnologia passaram a constituir meios de produção dentro do sistema capitalista, sendo, por isso, agentes e recebedores dos efeitos de sua dinâmica.

Hurd (1987) afirma que não há qualquer dúvida de que o impacto da ciência e da

tecnologia na vida do indivíduo e na sociedade, que se verificou nos últimos anos, tornou obsoletos não só muitos dos objetivos do ensino das ciências, mas também uma grande parte do seu conteúdo. O que os críticos procuram agora é um contrato mais viável entre o ensino formal e a sociedade, no qual a ciência e a tecnologia estejam mais intimamente ligadas aos problemas humanos e ao progresso social, levando-se a evidenciar os questionamentos referentes ao papel que elas exercem dentro de uma sociedade cujo modelo político-econômico está bem definido.

Percebe-se mundialmente a iniciativa para uma discussão de novo contexto para o ensino de Ciências, paralela ao estabelecimento de uma sociedade altamente tecnológica, na qual se discutem a relevância social, os alcances, as limitações e as implicações do uso da ciência. De acordo com TRIVELATO (1993), dentro das reformulações por que deve passar o ensino das disciplinas científicas é necessário haver questionamentos que tentem responder às modificações sociais, à crescente diversificação cultural da sociedade, ao impacto tecnológico e às transformações do mercado de trabalho.

No Brasil, e especificamente no Estado de São Paulo, atenção foi dada ao novo enfoque curricular centrado nas relações CTS, pois, dentro dos princípios metodológicos que nortearam a Proposta Curricular para o Ensino de Biologia (na versão mais recente), o item *processo de produção do conhecimento* enfoca

* Professor de Ciências e Biologia da rede pública e particular de Campinas, SP; Mestre em Educação, UNICAMP, SP. Professor de Instrumentação para o Ensino de Biologia na Universidade de São Francisco, SP.

que “ensinar como o conhecimento biológico é produzido exige pensá-lo numa dimensão de historicidade, considerando que o processo de sua produção é determinado pelas condições sociais da época (...) enfatizando a não-neutralidade da ciência e do cientista e a forma cumulativa da produção do conhecimento, além de estabelecer a relação entre ciência e tecnologia e suas aplicações na sociedade” (1992).

O que já se vê, em âmbito mundial, é a produção de materiais instrucionais, sua aplicação junto a estudantes e professores, bem como a estruturação de cursos que pretendem atingir os objetivos propostos no movimento centrado na relação entre Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS) para o ensino de Ciências. GARDNER (1993;1994) analisou as múltiplas concepções encontradas em diversos materiais instrucionais utilizados em cursos de Ciências na Inglaterra, especificamente os que envolviam relações entre ciência e tecnologia. Organizou um conjunto de categorias, baseadas em princípios filosóficos e epistemológicos, que podem orientar a estruturação de materiais de maneira mais crítica, à luz de uma reflexão mais ampla. Sem dúvida, a contribuição deste autor deverá ser bastante significativa para novas orientações dentro do processo de inovação curricular no ensino de Ciências.

Comparando com a situação mundial, são bastante iniciais as discussões no sistema educacional brasileiro sobre o contexto curricular do ensino de Ciências centrado nas relações CTS. Recente publicação da Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas da Secretaria de Estado da Educação de São Paulo centrou esforços na discussão de temas de Ciências que

pudessem oferecer visão das inter-relações entre Ciência/Tecnologia/Sociedade¹.

No último Encontro “Perspectivas do Ensino de Biologia”, pudemos constatar um crescente número de trabalhos apresentados que se referiam ao tema CTS, envolvendo aspectos como ética, tecnologia e alunos de 2º grau (MALAJOVICH, 1994), feira de Ciências (COSTA, 1994), bem como capacitação docente (GARCIA, 1994 e GÖEDERT, 1994).

Em sua pesquisa de doutorado, TRIVELATO (1993) estudou a forma como os professores de primeiro e segundo graus reagiram a sugestões de atividades nas quais se discutiam tópicos que envolviam relações entre Ciência/Tecnologia/Sociedade. As mudanças concretas na prática pedagógica observadas foram bastante tênues no que diz respeito a esse novo contexto dentro do currículo de Biologia. Esse fato poderia ser atribuído, como já foi observado em análises de diferentes projetos, à maneira como a inovação foi introduzida na realidade escolar, até certo ponto desvinculada de elementos da prática cotidiana docente.

O panorama já encontrado no Brasil, sem dúvida incipiente, é, em parte, reflexo de discussões travadas por muitos autores que consideram a trilogia Ciência/ Tecnologia/ Sociedade como um enfoque necessário na educação científica. Para BYBEE (1987), por exemplo, o desenvolvimento da capacidade de raciocínio deve ocorrer dentro de um contexto. Na educação científica, esse contexto é apropriadamente providenciado pela inclusão de temas sobre a relação entre Ciência/Tecnologia/ Sociedade. Já para HART & ROBOTOM (1990), o aparecimento desse novo paradigma

1. *Ensino de Biologia e Química: dos fundamentos à prática - energia nuclear: uma proposta de trabalho integrado*. São Paulo: Secretaria de Educação/CENP, 1992, 143 (Série A Prática Pedagógica)

dentro do ensino de Ciências se dá em consequência de um repensar sobre a educação científica, fruto de mudanças na sociedade e na Ciência/Tecnologia, além de contraste entre a ciência escolar e a realidade de uma sociedade orientada científica e tecnologicamente. FENSHAM (1988) cita que o contexto curricular centrado na relação Ciência/Tecnologia/Sociedade é um movimento dentro da educação superior e de nível médio que busca levar a educação em ciência para os estudantes nos níveis mais próximos de suas necessidades como membros de sociedades crescentemente tecnológicas. Como afirmam OST & YAGER (1993), o enfoque curricular dessa natureza representa o esforço mais recente para se fornecer um contexto real para o estudo de Ciências e para a própria atividade científica.

Acreditamos que, antes de qualquer tentativa de inovação dentro do currículo escolar, é necessária a análise de alguns dos elementos que o compõem, como, por exemplo, o livro didático, pois tais elementos nos fornecem certos aspectos do que ocorre concretamente no trabalho pedagógico do professor.

Este artigo tem como principal objetivo apresentar algumas de nossas reflexões sobre como livros didáticos de Biologia já vêm tratando o tema CTS, na tentativa de fornecer parâmetros para o entendimento da realidade escolar no que se refere a este contexto para o ensino de Ciências².

Procuraremos, neste momento, apontar como alguns livros didáticos de Biologia vêm

traduzindo tais relações (CTS) e como exploram as situações que criam para o leitor, sem nos preocuparmos com uma teorização maior, ou mesmo em estabelecer que conceitos de ciência, ou de tecnologia ou de sociedade possibilitariam uma visão mais crítica de tais interações. Gostaríamos de deixar claro que estamos fazendo um levantamento do que possivelmente pode ser encontrado. Uma análise mais extensa deixaremos para um segundo momento.

2. A ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS

Dentre os livros adotados pelos professores da rede pública ou particular de Campinas(SP) ou dentre os que consultam, foram escolhidos dois nesta etapa do trabalho³. Ao se pensar em fazer uma análise preliminar, mais caracterizada talvez como um exercício de investigação, sobre as possíveis relações entre ciência-tecnologia-sociedade encontradas nos livros didáticos de Biologia (ensino médio), especificamente na área de Microbiologia, procurou-se verificar inicialmente os conteúdos referentes aos tópicos de SERES VIVOS (Reinos Monera, Protista e Fungi). No entanto, alguns aspectos referentes a microrganismos também podem ser identificados nos itens de GENÉTICA, devido à sua utilização em experimentos clássicos dessa área da Biologia, bem como dentro da área de Engenharia Genética, cujos avanços têm sido destacados nos dias atuais. Há também referências aos microrganismos no capítulo destinado a discutir ECOLOGIA, com destaque à sua função de

2. Os dados aqui apresentados foram discutidos por ocasião do nosso exame de qualificação de Mestrado do curso de Educação, área de concentração Metodologia de Ensino na Faculdade de Educação da Unicamp em novembro de 1994.

3. Os livros analisados foram:

Livro nº 1 - GOWDAK, Demétrio & MATTOS, Neide Simões de - **Biologia** (Seres Vivos - Fisiologia Vegetal, Fisiologia Animal/ Genética, Evolução e Ecologia/Citologia, Embriologia, Histologia). São Paulo: FTD, 1990.

Livro nº 2 LINHARES, Sérgio & GEWANDSZNAJDER, Fernando - **Biologia Hoje**, v.1, 2 e 3. São Paulo: Ática, 1992.

decompositores de matéria orgânica e a sua conseqüente participação em fenômenos de interesse social como a poluição de águas; em exemplos de interações com outros seres vivos, bem como no seu papel na ciclagem de nutrientes, particularmente no de nitrogênio. Assuntos dentro do tema de CITOLOGIA, por sua vez, têm relação com o estudo dos microrganismos, como, por exemplo, na discussão sobre técnicas citológicas, instrumentos e aparelhos (principalmente o microscópio), bem como nos tópicos que se referem a metabolismo celular, particularmente processos de fermentação.

Também está sendo analisado o título da obra e a apresentação da mesma, para ver como os autores vêem o objetivo do seu livro para o ensino da Biologia, bem como para detectar possíveis alusões que façam às palavras ciência, tecnologia, sociedade, modernidade, atualidade, desenvolvimento ou afins.

Os livros didáticos foram analisados quanto às concepções de ciência e tecnologia que trazem explícita ou implicitamente, bem como as interações entre elas e com a sociedade. Para tanto, estamos nos valendo dos textos descritivos, de esquemas, de figuras ilustrativas e de atividades propostas pelos autores (práticas de laboratório, textos complementares).

Na leitura de capítulos desses livros, atentou-se para a presença de expressões que contivessem as palavras **ciência, tecnologia (ou técnica) e sociedade**, encontrando-se, nenhuma referência explícita a suas inter-relações. Partiu-se, então, para detectar indícios que nos permitissem verificar tais relações.

Resultados sobre análise do tema interações entre ciência/tecnologia e sociedade em livros didáticos de Física e Química foram obtidos por pesquisadores espanhóis, sendo uma interessante referência que trata desse

aspecto. Em suas análises, SOLBES & VILCHES (1989,1992) constataram os seguintes aspectos: a maioria dos livros didáticos não realizam um tratamento das relações ciência/tecnologia/sociedade; não mostram as implicações sociais, culturais e econômicas da ciência; não abordam o papel que a ciência exerceu e exerce na modificação da sociedade e os problemas que disso derivam; não mostram o papel exercido pela ciência ao longo da história da humanidade; não apresentam a ciência como fruto de trabalho coletivo: não contribuem para a formação de alunos como futuros cidadãos, preparando-os para tomadas de decisões; não promovem a criticidade, dentre outros.

Para os livros analisados neste ensaio, tais conclusões também são verídicas. No entanto, acreditamos que alguns tipos de interações são perceptíveis ao longo do texto, embora, até certo ponto, encontrem-se subentendidas. Os autores espanhóis utilizaram-se de um modelo rígido de parâmetros para sua análise, o que lhes impossibilitou encontrar aspectos relativos ao tema de interesse, mas que não se encaixassem necessariamente dentro do padrão pré-estabelecido. No nosso caso, procuraremos levantar as situações propiciadas pelo livro didático e analisá-las dentro da ótica de como traduzem as relações entre ciência/tecnologia/sociedade. É de total concordância, entretanto, que não há ênfase na exploração dessas relações em ambos os livros analisados.

Como primeiro ponto no desenvolvimento desse exercício de investigação, procuramos verificar se os objetivos dos autores do livro, na apresentação dos mesmos, faziam alguma menção sobre o ensino de Biologia dentro desse contexto, haja vista que, na sociedade atual, a presença da ciência e tecnologia é uma constante. No livro 2 não há

qualquer referência a esse aspecto, apesar de o objetivo central do autor ser possibilitar ao aluno o contato com um conteúdo de Biologia o mais atualizado possível. Já no livro 1, encontramos: **Os grandes avanços na investigação dos problemas biológicos levaram alguns cientistas a afirmarem que estamos no “século da Biologia”, visto que essa ciência leva o homem a compreender sua integração na natureza e a entender que tecnologia e natureza devem caminhar juntas para garantir a sobrevivência da própria humanidade.**

Os outros aspectos que se conseguiu detectar serão apresentados nos itens a seguir.

1. Ao iniciar o tópico, os autores descrevem toda a morfologia, fisiologia e classificação sistemática dos microrganismos. Como caráter exemplificador, no final de alguns itens (ou nos de fisiologia ou nos de sistemática), citam a utilização desses microrganismos em tecnologias industriais ou em algumas áreas biomédicas (produção de antibióticos e outras substâncias, bem como doenças). Há o estabelecimento de uma classificação e agrupamento dos microrganismos baseado em critérios científicos paralelamente a uma classificação artificial, muito pautada no utilitarismo desses seres vivos para os seres humanos. Detecta-se aqui um antropocentrismo exagerado, com a apresentação de uma natureza a serviço do homem.

2. A tecnologia é vista como “produto da ciência”, reforçando-se um modelo hierárquico em que a ciência está numa posição superior. Isso pode ser deduzido da própria estrutura do texto, onde a menção à tecnologias aparece quando se quer demonstrar a aplicação de conhecimentos científicos sobre processos bioquímicos, genéticos e de hábitos de vida dos microrganismos, em indústrias de laticínios e fabricação de vinagre, dentre outros.

Exemplo: Entre as bactérias decompositoras, destacam-se as que produzem fermentações.

Exemplos de fermentações:

- fermentação láctica, em que as bactérias fermentam o açúcar do leite, produzindo ácido láctico. A indústria de laticínios baseia-se principalmente nesse tipo de fermentação.

- fermentação acética, em que o álcool é transformado em ácido acético pela ação de certas bactérias. Esse tipo de fermentação é a base da fabricação do vinagre. (Livro nº 1)

Na própria palavra “destacam-se”, percebe-se o tom valorativo daquilo que tem aplicação, utilização.

Existe uma super-valorização da ciência quando os autores afirmam que a indústria de laticínios se baseia principalmente no tipo de fermentação láctica, desprezando-se toda a parte tecnológica industrial que foi e está sendo aperfeiçoada para garantir a melhoria de qualidade e de outras variantes importantes para a elaboração do produto.

3. Quando, no texto, há presença explícita de referência técnica, essa se traduz como procedimentos que utilizam certos instrumentos, ou como o próprio instrumento, ou como equipamentos e aparelhos. Nesses casos, há uma descrição sumária da técnica, bem como uma simplificação de seu procedimento ou funcionamento.

4. Há uma tendência a se enfatizar mais o caráter positivo de toda tecnologia. A possibilidade de utilização, pela sociedade, de produtos tecnológicos benéficos, que são possíveis devido ao metabolismo microbiano, anularia o efeito maléfico do microrganismo.

Exemplo: O *Pencillium sp.*, embora seja o responsável pelo embolramento de roupas e alimentos, permite a fabricação de

queijos especiais como os tipos “roquefort” e “camembert” e a produção de penicilina, um dos antibióticos mais conhecidos. (Livro nº 1)

5. A utilização do conhecimento científico para fins de tecnologia apresenta-se bastante linear e sem conflitos.

Exemplo: *O Claviceps purpurea* é um fungo perigoso, pois basta a ingestão de uma pequena porção - pelo homem ou por animais - para provocar um envenenamento chamado ergostismo, que consiste em alucinações, espasmos nervosos, convulsões, gangrena e morte. A substância responsável por esse envenenamento é a ergotina, cujos derivados têm aplicações em medicina, por causa de sua capacidade de vasoconstricção e de contração muscular. É também fonte inicial para a produção de uma droga alucinógena, a dietil-amida do ácido lisérgico (LSD). (Livro nº 2)

6. Como o conhecimento sobre microrganismos construído ao longo da história está muito atrelado à utilização do microscópio e de procedimentos técnicos em Citologia, consideramos relevante analisar como tais assuntos são abordados nos livros didáticos.

É interessante ressaltar que a descrição dos componentes e funcionamento do microscópio, mesmo que sumária e simplificada, é uma das raras ocasiões em que há destaque maior com referência a aspectos técnicos (neste caso, um instrumento). Em ambos os livros, os autores destacam os microscópios óptico e eletrônico, traçando as vantagens e limitações de se trabalhar com o microscópio óptico (caso do livro nº 1) ou ressaltando a superioridade do microscópio eletrônico, em relação ao aumento do poder de resolução (caso do livro nº 2). Não se estabelece qualquer comentário sobre o porquê do desenvolvimento do microscópio eletrônico, no

sentido de atender a demandas provenientes de diferentes áreas científicas por equipamentos mais sofisticados. Não se enfoca a história da tecnologia.

Há destaque, contudo, no papel de tal instrumento e de outras técnicas para o desenvolvimento do conhecimento científico.

Exemplos: Para o estudo da célula, o instrumento fundamental é o microscópio (Livro nº 1)

Com a utilização desse aparelho e de outras técnicas sofisticadas, podemos obter informações mais detalhadas acerca da estrutura e da composição química da célula, além de seus processos metabólicos. (Livro nº 2)

Em ambos os livros, os autores citam algumas técnicas, instrumentos ou materiais importantes para a observação de células ao microscópio, como o micrótomo, inclusão, corantes e fixadores. Simplificadamente, explicam sua ação ou função.

Além das técnicas de microscopia, os autores do livro nº 2 destacam também como se dá o processo de centrifugação fracionada, utilizando-se de um esquema que traduz uma simplificação exagerada desse processo, além de não explicitar que ocorre numa centrífuga, representando os tubos contendo o material biológico soltos no espaço. Mesmo a explicação escrita não auxilia a compreensão da centrifugação fracionada, haja vista que os autores não se preocupam em explicar os mecanismos físicos e químicos nos quais o processo se baseia. A alusão à técnica nesta parte do livro apresenta um caráter essencialmente decorativo.

7. Parece que a sociedade como um todo (ou seja, todas as classes sociais) tem igual acesso aos produtos tecnológicos, não havendo qualquer discussão quanto ao seu custo, aos riscos de sua utilização, à facilidade de

obtenção, à sua necessidade etc. Um dos exemplos mais citados sobre a importância dos fungos para a sociedade está na fabricação de queijos especiais como “roquefort” e “camembert”, que a maioria da população sequer conhece.

8. Na construção do texto, não há nenhuma preocupação por parte do autor do livro nº 1 em salientar que os produtos derivados do metabolismo microbiano são utilizados pela sociedade de forma diferenciada e particularizada, havendo, inclusive, uma série de valores envolvidos na aceitação ou não de sua utilização, além de questões culturais e preocupação social emergente (por exemplo: viciados em drogas alucinógenas - LSD). O texto passa a impressão de neutralidade tecnológica, perdendo a oportunidade de possibilitar discussões sobre múltiplas interações envolvendo ciência-tecnologia-sociedade.

Exemplo: Há basidiomicetos saprófitos e parasitas. Entre os saprófitos destacam-se as espécies comestíveis (*Agaricus e Pleurotus*), as tóxicas (*Amanita*) e produtora de substâncias alucinógenas (*Psilocybe*). (Livro nº 1)

9. Os livros apontam que a melhoria das condições de vida e o progresso de áreas que atendem à sociedade também podem ser alcançados pelo desenvolvimento da engenharia genética, relacionada intimamente com os conhecimentos da microbiologia, relativos à genética microbiana. Não fazem, porém, qualquer ressalva sobre o impacto de tais tecnologias e seus produtos dentro da sociedade, de como o contexto social tem interferido no desenvolvimento de tais tecnologias ou mesmo quais são os interesses econômicos, políticos e comerciais que norteiam o estímulo a pesquisas nessa área. Também não abordam questões de valor, ética e moral da sociedade que vêm interferindo e orientando

tanto as pesquisas científicas como o desenvolvimento tecnológico.

Exemplos: A engenharia genética abre novos horizontes à medicina, não só pela possibilidade de produção de remédios, mas pelo controle dos genes que produzem doenças hereditárias. Possibilidades mais amplas também estão abertas no campo da microbiologia industrial e agrícola. (Livro nº1)

Finalmente, através da engenharia genética, é possível alterar os genes de um organismo como uma bactéria, de modo a produzir substâncias de importância médica, como a insulina ou o hormônio de crescimento, entre outras (Livro nº 2)

10. Poucas vezes os autores estabelecem relações entre a sociedade e tecnologia, como nestes seguintes casos, ambos presentes em leituras complementares do livro nº 2, situadas no fim do capítulo sobre Ácidos Nucléicos e o Código Genético.

- Os autores relatam o caso de um cientista da Universidade da Califórnia que, para “soltar ao ar livre bactérias geneticamente alteradas, feitas em dois testes (de engenharia genética)”, precisou lutar nos tribunais de justiça. Percebemos neste exemplo uma dimensão do controle que a sociedade pode exercer ou exerce sobre produtos científicos e tecnológicos, dependendo dos questionamentos e avaliações quanto a efeitos colaterais ou imprevisíveis que possa haver.

No texto, há destaque também para o fato de que tal discussão judicial permitirá aos outros cientistas ficarem à vontade para realizar as suas pesquisas, podendo-se vislumbrar que a ciência não é neutra, existindo uma série de interferentes que possibilitam e direcionam o seu desenvolvimento.

- No sub-item *Biotecnologia: quem lucra?*, texto adaptado do Correio da Unesco, há uma posição crítica frente à biotecnologia,

destacando que é **“preciso questionar a natureza dessa revolução biotecnológica e as conseqüências econômicas, sociais e geopolíticas que pode ter a longo prazo”**.

O texto trata mais especificamente da problemática da biotecnologia nos países em desenvolvimento, no que se refere à tendência de se dar preferência para as necessidades dos mercados internacionais, ao benefício maior aos grandes latifundiários, à concorrência entre produtos “novos” e os produtos tradicionalmente exportados pelos países em desenvolvimento etc.

Considera que será grande o impacto biotecnológico, gerando maior defasagem entre as diferentes sociedades e classes sociais, levantando a necessidade de se estabelecerem estratégias para evitar isso.

Tal texto possibilita um momento ímpar para se discutir a apropriação diferenciada da tecnologia na sociedade, os condicionantes sócio-econômicos e políticos que conduzem o desenvolvimento e aplicação de tecnologias e a possibilidade de se evitarem danos maiores via um posicionamento da população.

11. A utilidade do conhecimento básico científico sobre microrganismos pode ser percebida e valorizada em suas derivações tecnológicas, sinônimas da procura de maior eficiência produtiva e do benefício à população.

Exemplo: Quase todo o estudo da fisiologia e da genética bacteriana foi feito a partir do estudo da Escherichia coli. Modernamente, a E. coli ganhou particular importância com o desenvolvimento da engenharia genética. O homem passou a “reprogramar” o código genético desses organismos de modo a transformá-los em verdadeiras máquinas para produzir proteínas importantes, como hormônios e vacinas, para digerir resíduos da poluição ou mesmo para serem usadas como fonte

de alimento no futuro. (Livro nº 2)

A utilização da palavra **modernamente** estabelece no texto um contraponto com ciência básica, de investigação. O moderno seria o que resulta em produtos tecnológicos, utilizáveis pela sociedade. Inclusive a interferência do homem na constituição genética dos microrganismos faz com que atuem mais eficientemente, como máquinas, produzindo substâncias que nos são úteis.

12. Referência a microrganismos também é feita pelos autores do livro nº 2 no decorrer da discussão sobre mutações gênicas. Com o intuito de recorrer à história da descoberta das mutações gênicas, os autores relatam rapidamente o experimento dos pesquisadores Beadle e Tatum com o fungo *Neurospora* sp. Não estabelecem a concepção de construção coletiva do conhecimento científico, além de simplificarem exageradamente o trabalho dos cientistas, ao apresentarem os resultados dos experimentos como facilmente explicáveis a partir de conhecimentos pré-existentes, sem nenhum tipo de conflito e contradição. Além disso, deixam transparecer um raciocínio linear da construção do conhecimento pela ciência: observação de um fenômeno - elaboração de uma hipótese - testes experimentais - resultados - conclusão (que, como apontam os autores, pode se tomar lei científica).

Exemplos: Em 1941, os pesquisadores Beadle e Tatum, fazendo experiências com um tipo de bolor de pão, a Neurospora sp, observaram que nem sempre a autoduplicação do DNA ocorria de modo perfeito. O bolor crescia num meio de cultura contendo açúcar e diversos sais orgânicos. Seus esporos eram submetidos a raios X e alguns deles passavam depois a produzir bolores com novas características. Por exemplo, alguns perdiam a capacidade de

fabricar lisina e só conseguiam sobreviver quando aquele aminoácido era acrescentado ao meio de cultura. Essa incapacidade foi relacionada com a falta de uma enzima necessária para a síntese de lisina. Concluíram, então, que os raios X teriam danificado a formação daquele tipo específico de enzima.

Como a produção de uma enzima depende de informação codificada no DNA, a conclusão daqueles pesquisadores ficou conhecida como a relação “um gene - uma enzima”. Atualmente, fala-se, com maior precisão, na relação “um gene - uma cadeia polipeptídica. (Livro nº 2)

A respeito desse último parágrafo, notamos também que, embora tenha havido uma mudança numa concepção científica, mais precisa atualmente, os autores não exploram a possibilidade de mostrar a dinâmica existente dentro da ciência, passando o conhecimento como acabado e não discutindo os porquês da mudança conceitual apontada (de “um gene-uma enzima” para “um gene-uma cadeia polipeptídica”).

13. Atribuindo aos microorganismos o papel de decompositores de matéria orgânica do ambiente, os autores do livro nº 2 explicam desequilíbrios ecológicos que afetam diretamente a população, como, por exemplo, os relativos à poluição de água (eutrofização e maré vermelha). O que eles apresentam é um esclarecimento, valendo-se do conhecimento científico existente, sobre fenômenos que envolvem a participação de microorganismos e que têm alguma decorrência social.

No final do item sobre poluição de águas, os autores comentam algumas medidas preventivas que julgam mais importantes do que os processos técnicos para despoluição, haja vista que **“ainda que a evolução dos processos técnicos permita atualmente a**

limpeza de rios já poluídos, como ocorreu na Inglaterra, com o Rio Tâmis, essas operações são demoradas e dispendiosas.”

Nota-se aqui uma dimensão de valores sobre as técnicas apontando algumas limitações, que, embora pouco exploradas e explicadas, dão até um certo cunho negativo à tecnologia. Entretanto não ficam claras as razões para tal afirmação feita pelos autores.

14. Quando abordam temas sobre protozoários, os autores dão grande destaque para os que causam doenças. O que predomina é a explicação biológica do ciclo de vida dos protozoários parasitas e sua evolução ao infectar seres humanos ou outros animais.

Notamos que há uma relação bastante singela entre o assunto discutido em termos científicos e a sociedade, quando os autores do livro nº 2 citam aspectos sobre profilaxia e/ou caracterizam a população atingida pela doença. Não existe nenhuma discussão, levantando elementos que conduzam à interpretação dos aspectos (sócio-econômico-culturais e políticos) que contribuem para que esses setores da população sejam mais suscetíveis à contaminação. Também no que diz respeito à eficiência, controle, custo e órgãos responsáveis pela execução das medidas profiláticas, os autores não tecem qualquer comentário, deixando transparecer que se trata de uma atitude de consciência individual.

Exemplos: Para erradicar a doença (doença de Chagas), é necessário combater o barbeiro com inseticidas e substituir essas moradias por casas de alvenaria. (Livro nº 2)

A profilaxia desta doença (amebíase) depende de boas condições sanitárias e de higiene pessoal. (Livro nº 2)

Os autores do livro nº 2 citam o desenvolvimento de vacinas para prevenção de algumas doenças, estabelecendo assim algum tipo de relação entre tecnologia e sociedade, a

nível de utilização pela população de vacinas originárias da aplicação do conhecimento científico. Mais uma vez, a discussão sobre tecnologia se atém aos princípios científicos envolvidos.

Exemplos: A profilaxia consiste na luta contra o mosquito e já existe uma vacina, desenvolvida recentemente por cientistas brasileiros. (Livro nº 2)

Há grandes perspectivas de dispormos, em breve, de uma vacina. (Livro nº 2)

No caso do livro nº 1, não há qualquer referência a tais aspectos, percebendo-se uma valorização acentuada do conhecimento científico na explicação das doenças.

Uma vez mais, os autores do livro nº 2 possibilitam discussão sobre pontos interessantes na relação ciência/tecnologia/sociedade. Por exemplo, fornecem elementos que desmitificam o vínculo exclusivo entre a propagação de doenças e a pobreza, citando a colaboração da falta de investimentos na área de saúde e falhas nos controles sanitários. Procuram desvelar a relação entre desenvolvimento econômico e político e os problemas de disseminação de doenças.

Exemplo: (...) o próprio desenvolvimento pode provocar surtos de doenças tropicais. No Brasil, a tentativa de desenvolver a Amazônia está criando novos focos de mosquitos que transmitem a malária. Como resultado, trabalhadores pobres, lavradores e garimpeiros estão sofrendo um aumento devastador nos índices de malária. (Livro nº 2)

É fundamental ressaltar que essas informações estão presentes em um texto situado à margem de uma página do livro didático, escrito com letras bem menores, dando a impressão de se tratar de uma curiosidade; não há também necessidade de tais informações na resolução dos exercícios do fim da unidade.

15. Um outro item sobre microrganismos diz respeito aos vírus. Devido à problemática social da AIDS, ambos os livros se referem a essa doença. Entretanto, somente os autores do livro nº 2 dão maior destaque, apresentando um apêndice relativamente extenso ao final do capítulo sobre "Métodos de estudo e caracteres gerais da célula". Ao discorrer sobre o tema, os autores apontam as características biológicas do vírus, seus efeitos no organismo, diagnóstico e sintomas, tratamento dos indivíduos contaminados, como se dá a transmissão, bem como os grupos de risco e medidas preventivas.

Destacaram-se, para nós, dois aspectos abordados no texto. Um deles possibilita ter uma visão de ciência onde as opiniões não sejam tão consensuais, talvez porque ainda não se tenha adotado um paradigma único. Os autores associam isso ao fato de o estudo dessa doença ainda estar em fase inicial e, por isso, existirem algumas divergências entre os pesquisadores. Como se, depois de um certo tempo, as divergências desaparecessem de dentro do âmbito da construção do conhecimento científico, talvez quando se descobrisse uma "verdade".

O outro aspecto nos parece possibilitar a visualização, uma vez mais, da relação de utilidade fundamental de um determinado produto tecnológico (cuja base está no conhecimento científico) para a sociedade, evitando maiores riscos.

Exemplo: (...) cerca de 50% dos infectados podem permanecer assintomáticos por até dez anos (ou talvez mais), podendo ser identificados somente através de testes de laboratório. Esses testes são especialmente importantes para fazer a triagem de doadores e para se assegurar da qualidade do sangue utilizado em transfusões ou na produção de fatores de

coagulação para os hemofílicos. (Livro nº 2)

Também nessa parte do livro, notamos que as medidas preventivas têm cunho individual, não se abordando qualquer aspecto de coletividade ou relação órgãos governamentais.

Dessa análise inicial de livros didáticos de Biologia, pudemos evidenciar, dentre outras coisas, que:

- as relações entre ciência/tecnologia/sociedade são encontradas de maneira sub-entendida e dispersa ao longo do texto, não constituindo enfoque nos dois manuais didáticos analisados. Os aspectos que possibilitariam ao leitor um entendimento mais globalizante das múltiplas interações CTS são encontrados em textos localizados em apêndices ou leituras complementares;

- as relações entre ciência e tecnologia geralmente são uni-direcionais, reforçando-se um modelo hierárquico, no qual a tecnologia é igual à aplicação do conhecimento científico. O atrelamento da tecnologia à ciência também pode ser detectado numa concepção de tecnologia como instrumentos, equipamentos utilizados na construção de conhecimentos, no trabalho da ciência;

- as relações entre ciência e sociedade se estabelecem pela apropriação do conhecimento científico pela população, pretendendo-se, assim, garantir a informação necessária para entender o mundo e/ou melhorar a sua qualidade de vida (particularmente no que se refere a doenças);

- o desenvolvimento tecnológico parece ser a panacéia para os problemas sociais, pois traz benefícios diversos para a melhoria das condições de vida da humanidade.

3. BIBLIOGRAFIA

BYBEE, R. W. Science Education and the Science-Technology - Society (STS)

Therme. *Science education*, v. 71, n. 5, p. 667-83, 1987.

COSTA, A. Mostras CTS como fator de mudanças nos códigos educacionais em escolas públicas. *V Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia*. São Paulo: USP/Faculdade de Educação, resumo n. 160, 1994.

COSTA, A. Projetos para feiras de Ciências a partir da integração CTS nos currículos de Biologia. *V Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia*. São Paulo: USP/Faculdade de Educação, resumo n. 91, 1994.

Dal PIAN, M. J. O Ensino de Ciências e cidadania. *Em Aberto*, Brasília, ano 11, n. 55, p.49-56, jul./set. 1992.

FENSHAM, P. J. Approaches to the teaching of STS in science education. *Internacional Journal of Science Education*, vol. 10, n. 4, 1988.

GARCIA, L. A. M. O professor em construção: educação ambiental e científico-tecnológica no currículo de Ciências. *V Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia*. São Paulo: USP/Faculdade de Educação, resumo n. 45, 1994.

GARDNER, P. Science, technology, and society: some philosophical reflections on a grade 11 Course. *The Journal of Educational Thought*, VOL. 27, N. 3, december 1993.

_____. Representation of the relationship between science and technology in the curriculum. *Studies in Science Education*, v. 24, p. 1-28, 1994.

GÖEDERT, A. P. O professor pesquisador e suas relações com a ciência, a tecnologia e a sociedade - CTS, com um princípio

- educativo. V *Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia*. São Paulo: USP/Faculdade de Educação, resumo n. 70, 1994.
- HART, E. P. & ROBOTTON, I. M. The Science-Technology-Society Movement in Science Education: a critique of the reform process. *J. of Research in Science Teaching*, V. 27, n. 6, p. 575-88, setembro de 1990.
- HURD, P. D. Ciência, Tecnologia, Sociedade: um novo contexto para o ensino no secundário. *Revista de Ciências/Tecnologia e Sociedade*, p. 50-5, mai./ago. 87.
- MALAJOVICH, M. A. Ética e tecnologia no 2º grau: o que discutir? como discutir? V *Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia*. São Paulo: USP/Faculdade de Educação, resumo n. 32, 1994.
- SÃO PAULO (Estado) Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Proposta curricular para o ensino de Biologia: 2º grau*. 3 ed. São Paulo: SE/CENP, 1992. 64 p.
- SOLBES, J. & VILCHES, A. Interacciones ciencia/técnica/sociedad: un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las ciencias*, v. 7 n. 1, p. 14-20, 1989.
- SOLBES, J. & VILCHES, A. El modelo constructivista y las relaciones ciencia/técnica/sociedad (CTS) *Enseñanza de las ciencias*, v. 10, n. 2, p. 181-86, 1992.
- TRIVELATO, S. L. F. *Ciência/Tecnologia/Sociedade: mudanças curriculares e formação de professores*. São Paulo: FEUSP, 1993. 220p (tese de doutorado)
- YAGER, R.E. The Science/Technology/Society Movement in the United States: its origin, evolution, and rationale. *Social Education*, april/may: 198-201, 1990.