

AVALIANDO UMA PROPOSTA DE ENSINO ATRAVÉS DE TEMAS SOCIAIS E PRÁTICA CTS: O MOTOR À COMBUSTÃO

ASSESSING AN TEACHING SUGGESTION USING SOCIETAL ISSUES AND STS APPROACH: THE COMBUSTION ENGINE

Rogério Gonçalves de Sousa¹
José Ricardo da Silva Alencar²

¹ UFPA/Escola de Aplicação, rogeriogdesousa@yahoo.com.br

² SEDUC-PA/EEEFM Luis Nunes Direito, jrsalencar@ig.com.br

Resumo

Neste trabalho, avaliamos a aplicação de uma proposta de ensino através de temas, intitulada “O Motor à Combustão”, planejada para desenvolver conteúdos científicos, tecnológicos e sociais privilegiando, em sala de aula, uma dimensão dialógica na discussão de valores envolvidos para a tomada de decisões e formação crítica dos estudantes. Realizamos nossa pesquisa em dois contextos escolares distintos, envolvendo turmas de 2ª série do Nível Médio de escolas públicas. O material empírico foi obtido através de anotações pessoais e diversos trabalhos dos estudantes. Para analisar o desenvolvimento da temática escolhemos quatro tópicos analíticos: visão de ciência e tecnologia; tomada de decisões; comunicação e discurso; interdisciplinaridade. Os resultados mostram que a estratégia potencializa discussões e direcionamentos sobre aspectos atitudinais e valorativos, além da necessidade de implementação de uma cultura de debates de temas sociais no cotidiano escolar.

Palavras-chave: Ensino CTS, abordagem temática, Ensino de Física, motor à combustão.

Abstract

This research attempt to assess an application of thematic approach using a societal issue, named “The Combustion Engine”, based in STS teaching. Our objective is evaluate the results of this teaching practice planned to develop scientific, technological and social concepts privileging a dialogic dimension in the discussion of involved values for decision making and critical formation. The application of the suggestion occurred in two distinct scholar contexts with groups of second grade in High School. The empirical data was gotten through personal notations and homework’s students. As topical of analysis we selected: vision of science and technology; decision making; communication and speech; interdisciplinary approach. The results show that the strategy can be useful for improve debates and give directions in education on attitudinal and decision making aspects, as well as the need of debates using social issues in school environment.

Keywords: STS teaching, thematic approach, Physics teaching, combustion engine.

INTRODUÇÃO

Com os movimentos sociais de meados do século passado, engendrados principalmente no contexto anglo-estadunidense, um número maior de pessoas tomou consciência das controvérsias relacionadas ao uso da ciência e da tecnologia ou C&T (ANGOTTI; AUTH, 2001). Fundamentados por tal acordo e pela nova filosofia da ciência e tecnologia, no âmbito do ensino os estudos em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) se constituíram como uma inovação curricular (ACEVEDO DÍAZ; VÁZQUEZ ALONSO; MANACERO MAS, 2001). Hoje, CTS começa a ser explorado com intensidade no campo da pesquisa didática (TEIXEIRA, 2003a). Dentre outros objetivos, os estudos CTS pretendem construir uma visão mais coerente sobre o papel social da C&T, combatendo uma imagem da neutralidade a elas associada, para auxiliar os indivíduos em situações de tomada de decisões e de exercício da cidadania através da ação social responsável (AULER, 2003; SANTOS; MORTIMER, 2001).

A concepção CTS, como uma *megatendência* no ensino, procura inovar quanto ao tratamento dos conteúdos escolares, estabelecendo rumos distintos em relação ao ensino tradicional e ampliando os procedimentos metodológicos adotados (SANTOS, 2001). O uso de *temas sociais* que problematizem as interações CTS tem sido bastante explorado como procedimento pedagógico para a construção de currículos de ciências (AIKENHEAD, 1994; SANTOS; MORTIMER, 2002; SANTOS; SCHNETZLER, 2000). Nesse sentido, a inclusão de múltiplas dimensões do conhecimento (não apenas a conceitual) marca o contexto CTS, pois nas práticas sociais são trabalhados aspectos teóricos e práticos da C&T (AMORIM, 2001).

Como professores-pesquisadores, pautamos nossas reflexões nessa nova tendência, procurando incorporar seus pressupostos pedagógicos e epistemológicos ao nosso fazer docente. Reconhecemos, assim, a necessidade de operarmos em outro paradigma e, nesse sentido, desenvolver propostas alternativas que subsidiem nossa intenção de renovação.

Segundo tais motivações, neste estudo avaliamos a aplicação de uma proposta intitulada “O Motor à Combustão”, planejada para desenvolver conteúdos científicos, tecnológicos e sociais, privilegiando uma dimensão dialógica nas discussões envolvidas (implicações sociais e tecnológicas frente ao uso do motor) para a tomada de decisões e formação crítica através do ensino de Ciências. Buscamos explicitar alguns elementos condicionantes dessa ação pedagógica. Após análise criteriosa do material empírico produzido na abordagem (o discurso dos estudantes registrado em fontes diversas), segundo o referencial teórico que adotamos, elegemos quatro categorias analíticas para os resultados.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA PESQUISA

Ao longo das últimas décadas, vários setores sociais têm discutido sobre as alterações ambientais decorrentes da ação científico-tecnológica do homem. A ciência como “salvadora do planeta” tem sido desacreditada diante de fenômenos climáticos como o aquecimento global, das diversas calamidades deles decorrentes ou ainda de flagelos como a fome e a miséria. O caráter *global* desses efeitos tem exigido intervenções urgentes para o estabelecimento de bases para um desenvolvimento humano sustentável. Porém, especialmente porque os grupos sociais detentores do capital financeiro que financia pesquisas em C&T, à frente dos mecanismos que exploram o homem e seu meio ambiente, agem sob uma perspectiva CTS que privilegia interesses *imediatistas*, os agravantes socioambientais para o planeta e todos os que nele vivem têm aumentado cada vez mais (CHAVES, 2001).

O processo de educação científica é um instrumento privilegiado através do qual é possível se discutir sobre essas questões e as pessoas podem participar de debates para o desenvolvimento de uma eco-cidadania e de uma prática sócio-responsável (PENTEADO,

2003). Angotti, Bastos e Mion (2001, p.188) ratificam essa idéia, já que cada vez mais “*decisões coletivas de grande interesse social e econômico [...], merecem participação mais explícita e consciente na vida dos cidadãos, e a escola pode cumprir melhor seu papel nesse desafio*”.

Desde sua gênese, o movimento CTS tem se consolidado como tendência pedagógica que problematiza as interferências da C&T no entorno social, destacando a necessidade de envolver diversos atores na proposição de soluções em prol do bem-estar da maioria. Outros desdobramentos ou diretrizes também têm subsidiado a proposta no âmbito do ensino. Santos (2001) pondera que a atmosfera CTS (re)avalia dois pontos fundamentais: a *orientação tradicional das ciências* em sala de aula e suas *finalidades curriculares*. Aikenhead (1994) aponta como metas do movimento a *promoção do entendimento público em C&T* (uma nova visão em C&T) e a *ampliação da capacidade de tomada de decisões*. Por sua vez, Acevedo Díaz (2004) postula que a educação CTS pretende facilitar a *alfabetização científica para todas as pessoas e formar cidadãos críticos e responsáveis*.

Subjazem ainda ao contexto CTS não apenas objetivos pedagógicos ou epistemológicos, mas o estímulo à construção atitudinal e axiológica dos indivíduos através da *criticidade, emancipação política e responsabilidade*, tanto no nível coletivo quanto no pessoal. Teixeira (2003b, p.179), discutindo sobre aspectos histórico-críticos presentes nessa perspectiva, indica que ela pretende abandonar “*progressivamente o ensino canônico de ciências [...], para constituir um projeto de educação científica, comprometido efetivamente com a instrumentalização para cidadania*”, isto é, fornecendo a cada cidadão o fundamental para que seja cidadão de fato. Dentre as habilidades que tal educação pretende construir, Santos e Mortimer (2001) citam a *argumentação crítica*, relativa à comunicação e ao discurso na articulação de diversos pontos de vista para um juízo crítico de valores, e a *ação social responsável*, que inclui o reconhecimento de direitos e deveres no tratamento de problemáticas nas quais C&T estão envolvidas.

Além desses aspectos, o movimento CTS tem apontado a necessidade da aprendizagem *sobre ciências*, (re)conhecendo o caráter humano e *falível* das práticas científicas e tecnológicas (AULER; DELIZOICOV, 2001). Destarte, uma ciência humana, orgânica, dinâmica, em constante interação de pensamento e ação (IRAZOQUE PALAZUELOS; ZAMORA ROSETA; GARRITZ RUIZ, 2005) *controversa*, que segue um complexo *jogo de interesses*. Aprender sobre ciências requer, pois, intercâmbio conceitual, atitudinal e axiológico entre aprendizes e docentes, o que implica em planejamento e implementação de propostas metodológicas *integradoras* (SANTOS, 2001).

Do ponto de vista das estratégias, o ensino através de temas tem se constituído uma prática pedagógica cada vez mais investigada pela pesquisa didática e utilizada na atmosfera CTS. No contexto brasileiro, Delizoicov e Angotti (1992) indicam que a abordagem temática encerra uma perspectiva curricular *interdisciplinar* através da qual são selecionados os conteúdos de ensino das disciplinas. Eles fundamentam a abordagem temática como uma estratégia para o ensino de Física (Ciências) sistematizando *três momentos pedagógicos* de estudo do tema. No primeiro, *Problematização Inicial* (PI), apresentam-se situações reais, envolvidas nos temas, que os aprendizes conhecem e presenciam. Eles são desafiados a expor o que pensam sobre elas para que o professor apreenda os significados atribuídos. Segundo os autores, a finalidade da PI é propiciar um distanciamento crítico do estudante ao se defrontar com diversas interpretações das situações discutidas e fazer com que sinta a *necessidade* de aquisição de outros conhecimentos. A *Organização do Conhecimento* (OC) é o momento pedagógico no qual as expectativas iniciais podem ser alcançadas através do estudo sistemático de conteúdos sob a orientação do professor, que desenvolve maneiras de fazer com que os estudantes compreendam cientificamente as situações problematizadas, segundo critérios pessoais ou compartilhados coletivamente, sem desconectá-las da realidade social a que se conectam. Por fim, o momento de *Aplicação do Conhecimento* (AC) destina-se a abordar o conhecimento recém incorporado para que se analise

e se interprete as situações iniciais que determinaram seu estudo e outras que, embora não diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento.

POR QUE O TEMA “O MOTOR À COMBUSTÃO”?

Levando em conta a possibilidade de problematização da realidade sócio-histórica brasileira, nos pareceram passíveis de discussão, em sala de aula e segundo pressupostos CTS, alguns aspectos vinculados ao tema “O motor à combustão”. Por um lado, podemos dizer que hoje a evolução da C&T depende, em muitos sentidos, do aumento e domínio ou controle de certa modalidade de energia, especialmente *elétrica* e *dos combustíveis* (BRANCO, 2004; SILVA; CARVALHO, 2002). Os combustíveis fósseis, ainda que *esgotáveis* ou *não-renováveis*, são tão empregados no mundo moderno (principalmente em motores à combustão) quanto as diferentes técnicas para a obtenção da energia elétrica, pois o homem tem dado preferência às modalidades de energia mais controláveis, facilmente armazenadas e gastas à medida que são requeridas.

Atualmente existe uma intensa inquietação da parte de alguns setores e órgãos governamentais e não-governamentais quanto ao estabelecimento de políticas públicas construídas democraticamente que regulamentem as transformações da energia em função de necessidades sociais *reais*, não inventadas por empresas interessadas no lucro *ilimitado*, mas ligadas ao equilíbrio de produção, aos limites de uso dos recursos do meio ambiente e em benefício de uma maior parcela de cidadãos (ANGOTTI; BASTOS; MION, 2001). A exploração e o emprego dos recursos energéticos, o que inclui o domínio de tecnologias (dentre elas o motor à combustão) que permitem tais ações, perpassam, assim, por um debate *ético*, haja vista as várias implicações decorrentes desse processo de controle, o qual, infelizmente, tem sido empreendido de modo irresponsável, sobretudo por gerar desigualdades sociais seculares segundo um injusto modelo de distribuição de recursos energéticos.

NOSSO PLANEJAMENTO DE ENSINO

Planejamos aplicar a proposta CTS construída através da abordagem fundamentada por Delizoicov e Angotti (1992). O **objetivo geral** dessa intervenção compreendeu *relacionar fenômenos naturais e tecnológicos com princípios e leis que os regem no intuito de contribuir na argumentação crítica, tomada de decisões e formação para a cidadania*. Como critérios de escolha do tema, usamos algumas diretrizes dos PCN, isto é, que a temática, dentre outras coisas, permitisse ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais e tecnológicos, num processo relacional, situando e dimensionando sua interação com a natureza e o uso da energia na constituição e funcionamento da sociedade em que vive.

Os **objetivos específicos** de nossa proposta foram: reconhecer o papel da C&T na mudança da organização social do homem; desenvolver a capacidade de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos científicos (físicos) e/ou tecnológicos relevantes quanto à utilização de motores a combustão; ampliar, utilizando a linguagem científica adequada e elementos de sua representação simbólica, a expressão discursiva e argumentação na descrição dos fenômenos envolvidos; articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber.

O tema “O Motor à combustão” não foi negociado com os estudantes, mas definido pelos professores a partir das necessidades educacionais do nível escolar em que foi aplicado. A problematização (PI) foi planejada para ocorrer através de um debate sobre a relevância do uso dos motores à combustão, na forma de um *júri simulado*. Em relação aos **conteúdos científicos**, planejamos abordar, no segundo momento pedagógico (OC): evolução da sociedade na utilização de energia; história do automóvel; teoria do calórico e do flogístico; a conceituação de

energia térmica e a definição de caloria em termos físicos-biológicos; equações que regem os fenômenos térmicos; reações químicas: combustão; respiração como processo de combustão; (8) conservação da energia em sistemas termodinâmicos: leis da termodinâmica, processos cíclicos e trocas de calor em sistemas termicamente isolados; máquinas térmicas: história do desenvolvimento, conceituação de máquinas à vapor e de combustão interna, funcionamento do motor de combustão interna; poluição e fontes alternativas de energia. Por fim, o momento de aplicação dos conhecimentos estudados (AC) foi esboçado para abarcar o estudo de outros temas relacionados ao motor à combustão, como efeito estufa e aquecimento global.

A **base metodológica** das aulas foi constituída de: *textos didáticos* abordando conteúdos sócio-históricos e científicos; *interação em grupo* para promover a socialização do conhecimento; *pesquisas* em livros didáticos, *sites* da rede mundial e outras fontes; *atividades para avaliação* de conteúdos científicos e atitudinais. Como **recursos didáticos**, tendo em vista a realidade escolar em que construiríamos a prática, selecionamos: aulas expositivas, reflexivas e argumentativas; textos didáticos por nós elaborados, isto é, uma crônica intitulada “Culpado ou inocente? O julgamento do motor à combustão” e dois textos para a organização do conteúdo problematizado, denominados “Como funciona o motor a combustão?” e “Em busca de energia!”; vídeo abordando aspectos sociais e científicos sobre a energia térmica; dinâmicas de grupo e de leitura; exercícios contextualizados sobre os assuntos abordados.

DOIS CONTEXTOS EDUCACIONAIS

A aplicação da proposta ocorreu em dois contextos escolares distintos, E1 e E2, isto é, em turmas de 2ª série do Nível Médio de escolas públicas da região metropolitana de Belém-PA. Destacamos que os contextos eram diferentes, assim como a época em que realizamos o estudo: a observação em E1 ocorreu no 4º bimestre letivo do ano de 2006, turno da manhã, com estudantes na faixa etária considerada regular (quatro turmas), enquanto que em E2 no 2º bimestre do ano de 2007, em dois turnos: tarde, faixa etária regular (duas turmas), e noite, estudantes da Educação de Jovens e Adultos – EJA (sete turmas).

Nas turmas de E1, o momento de PI ocorreu em duas etapas. Inicialmente, em uma aula, realizamos uma dinâmica de grupo, o *júri simulado*, no qual cada turma foi organizada em duas equipes (acusação e defesa) que deveriam discutir e levantar argumentos contra ou a favor do uso dos motores à combustão interna, ficando um estudante (não participante em nenhum dos grupos, denominado *relator*) encarregado de fazer o registro escrito da situação observada. Após esse debate, selecionamos para o júri o relator e três estudantes de cada equipe. Acusação e defesa expuseram seus argumentos para que os jurados emitissem um veredicto. Na aula seguinte, a crônica “Culpado ou inocente? O julgamento do motor à combustão” foi socializada. O enredo da estória se refere ao julgamento do personagem “Ansel Mottor”, representando o motor à combustão, com advogados de acusação e defesa apontando benefícios e malefícios através de argumentos diversos, inclusive científicos. Propositadamente, a crônica não apresenta veredicto, pois julgamos esta uma forma de aprofundar no momento de OC os argumentos levantados pelos aprendizes para a tomada de decisões. Para auxiliar a compreensão da crônica, o professor organizou cinco grupos, pedindo a releitura e a resposta de cinco perguntas problematizadoras. Nas turmas de E2, a PI não lançou mão do *júri*, compreendendo apenas a leitura da crônica e o debate sobre as cinco questões problematizadoras.

A seguir iniciamos a etapa de OC com a leitura e discussão do texto organizador “Como funciona o motor à combustão?”. Ao longo da leitura deste material didático, realizada em quatro aulas, trabalhamos várias vertentes, como histórica, científica e social, relacionadas ao desenvolvimento dos motores à combustão. Nesse sentido, discutimos sobre referências à história da ciência que problematizavam a alteração da relação social do trabalho e a implementação das máquinas térmicas, bem como a evolução do processo de construção de

motores, organizando as turmas em pequenos grupos de estudo e realizando dinâmicas de leitura (interpretação, elaboração de perguntas sobre o texto, etc.). Os conteúdos discutidos promoveram estudos sobre a conceituação científica (física, química e biológica) dos conceitos de *caloria*, *calor*, *energia térmica*, *trabalho*, *temperatura*, *pressão*, *volume ocupado por um gás*, *transformações gasosas*, *ciclos termodinâmicos*, *entropia*, *reação de combustão*, *tipos de combustíveis* e *poluição gasosa*. Fomentamos, posteriormente, discussões sobre o aproveitamento da energia térmica para realização de trabalho nos motores à vapor e à combustão. Estudamos o funcionamento de um motor com ciclo de quatro tempos, relacionando questões econômicas, sociais e ambientais decorrentes de sua utilização. Todas essas ações foram adotadas em E1, no qual registramos livremente os depoimentos dos estudantes manifestados nos debates, e em E2, onde o professor também utilizou, para discutir alguns dos conceitos anteriormente citados, um vídeo sobre diferentes formas de energia empregadas pelo homem, anotando livremente os depoimentos dos estudantes sobre o conteúdo do mesmo.

Destacamos que em E2, nas aulas referentes à OC, o professor lançou mão de perguntas sobre o texto didático, solicitando, para avaliação, pesquisas relacionadas aos assuntos em debate, apresentadas pelos estudantes na forma de dissertações, além de pedir a resolução de exercícios teóricos (conceituais e matemáticos). Importante observar que a linguagem matemática (traduzida nas equações da terminologia) foi utilizada no sentido de oferecer maior compreensão do assunto estudado e não como um fim em si. Por exemplo, os conteúdos matemáticos envolvendo o estudo termodinâmico dos gases foram utilizados e discutidos como forma de entender o funcionamento de um motor a combustão. O professor, nesse contexto, preferiu abordar as transformações físicas e químicas sofridas pelos reagentes da combustão no motor e a produção de gases no último tempo (exaustão) especialmente porque essa consequência foi problematizada no início da abordagem e era de extrema importância para os objetivos da proposta. Ao final do bimestre, como forma de avaliação da unidade de ensino, os estudantes foram instigados a elaborar uma redação dissertativa cujo tema foi “o desenvolvimento do controle de energia (térmica) alterou a vida do homem”. Por sua vez, em E1 o momento de avaliação compreendeu a realização de um pequeno projeto, após OC, no qual, em cada turma, os estudantes, organizados em cinco grupos, aprofundaram as questões problematizadoras apresentadas na crônica “Culpado ou inocente? O julgamento do motor à combustão”, realizando entrevistas a professores da escola, enquete com outros estudantes e pesquisas extraclasse. Cada equipe ficou responsável por responder uma das cinco questões, apresentando seus resultados na forma oral e em trabalhos escritos.

Nossa abordagem temática, entretanto, não alcançou o momento AC, no qual utilizaríamos o texto didático “Em busca de energia!” e aprofundaríamos o tema a partir do estudo de outra temática, “efeito estufa”. Em E1, o projeto de pesquisa dos estudantes acabou ultrapassando o tempo previsto. Por outro lado, problemas externos ao funcionamento de E2, como greve dos trabalhadores de coletivos urbanos e paralisações da categoria professoral, impediram o alcance da etapa de aplicação do conhecimento.

CARACTERES DA PESQUISA

Este estudo trata-se de uma *pesquisa qualitativa* sobre a aplicação da proposta temática “o motor à combustão” nos dois contextos escolares citados, onde observamos alguns elementos condicionantes de uma prática do tipo CTS construída a partir de uma abordagem temática e, segundo estes elementos, avaliamos o discurso (idéias e concepções) dos participantes, produzido durante os debates ocorridos ao longo de um bimestre letivo.

Como metodologia na produção de nosso material empírico, assumimos a *observação participante*, sendo os pesquisadores professores da disciplina Física nas turmas investigadas.

Contudo, para registrar a pesquisa utilizamos fontes empíricas diferentes de acordo com o contexto: *registros escritos de relatos e discussões*, obtidos ao longo do desenvolvimento da temática e *trabalhos escritos*, ao final do estudo do tema, baseados em questões problematizadoras (E1); *depoimentos escritos* de algumas indagações sobre um vídeo vinculado ao tema, *dissertações* sobre um dos textos didáticos, no momento de organização do conhecimento e *avaliações escritas*, como culminância do bimestre letivo (E2).

Organizamos para a *análise qualitativa* desse material quatro tópicos vinculados ao referencial teórico que adotamos, mas também aos *objetivos específicos da proposta temática*. As transcrições inseridas neste artigo representam as concepções dos estudantes registradas nos trabalhos escritos (E1) e avaliações escritas (E2).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Visão de ciência e tecnologia. Na problematização (PI) e no estudo dos conceitos científicos (OC), a perspectiva CTS que adotamos direcionou nossa atenção pedagógica para a discussão de argumentos “contra” e “a favor” do uso do motor à combustão interna. Enfatizamos as implicações sociais do dispositivo, bem como as pressões sociais históricas que provocaram e ainda têm mantido o desenvolvimento de tecnologias relacionadas ao mesmo. Em ambos os contextos educacionais, tratamos de mostrar a idéia de uma ciência não neutra, contrariando a noção usual de imparcialidade científica, tal como lembram Irazoque Palazuelos, Zamora Roseta e Garritz Ruiz (2005), que influencia e se deixa influenciar por demandas sociais e tecnológicas. As respostas dos estudantes, o que inclui suas argumentações, pouco incorporaram essa perspectiva multilateral. Algumas transcrições em E2 evocaram uma relação CTS *unilateral* ou um *determinismo científico-tecnológico*, nas palavras de Auler (2003), na qual o avanço da ciência produz avanço na tecnologia e leva a mudança na organização das sociedades. Como exemplo, destacamos o trecho de uma das avaliações escritas:

O domínio sobre a energia térmica foi para o homem um grande avanço [...], porque até antes da primeira revolução industrial não havia o uso de máquinas movidas a vapor [...]. O homem pôde produzir mais com menos esforço, pôde se locomover com mais facilidade e isso alterou seu modo de viver (E2).

Ainda que deterministas, consideramos essas manifestações um avanço em relação à visão tradicional dos cursos de ciências, nos quais pouco se evidenciam implicações da C&T na sociedade. Levando em conta a classificação dada por Aikenhead (1994) e Santos e Mortimer (2002), nas turmas investigadas os conceitos foram abordados numa perspectiva relacional, explorando alguns efeitos decorrentes da interação CTS, sendo a categoria de ensino da aplicação a de *ciências com conteúdo de CTS*. Por outro lado, a questão de avaliação em E2 pode ter sugerido que as alterações provocadas nas sociedades resumiram-se ao controle da energia térmica através do desenvolvimento tecnológico, sem considerar, como aponta Chaves (2001), as implicações socioambientais decorrentes do desenvolvimento do conceito científico, o que não possibilitou percebermos outras concepções dos estudantes sobre os aspectos da abordagem CTS que desenvolvemos. Ressaltamos também que a falta de uma prática rotineira de ensino CTS naquele contexto, visto que o professor implementou a perspectiva pedagógica há cerca de um ano e tem desenvolvido ações sob tais pressupostos, enfrentando resistências tanto dos estudantes quanto de outros docentes, pode justificar essa unilateralidade.

Por sua vez, em E1 a compreensão crítica dos estudantes sobre as interações CTS foi marcada por referências à superioridade do modelo científico-tecnológico e à perspectiva salvacionista da C&T, aspectos discutidos por Auler e Delizoicov (2001) como decorrentes da visão tradicional sobre C&T. No levantamento de argumentos científicos, os estudantes refletiram sobre a neutralidade em favor de um entendimento de C&T como construto humano e

moldado por interesses e valores. Nos trabalhos escritos, ao contrário, boa parte expressou fortemente o modelo determinista de C&T. Segue o exemplo:

A humanidade teria, claro, um regresso social, pois haveria uma maior dificuldade de locomoção nas cidades, que crescem cada vez mais. Se isso ocorresse há anos atrás, o mundo poderia voltar ao tempo da Idade Média, onde tudo era produzido manualmente. Hoje na sociedade capitalista, muitas empresas iriam falir e um grande capital teria que ser utilizado para a troca desses motores (E1).

Em nossa abordagem, não apontamos o motor à combustão como o principal “vilão” diante do que a humanidade tem passado, nem enfatizamos que a solução para os agravantes ambientais vai emergir de decisões puramente técnicas. Mesmo assim, a noção de progresso, permitida pelo desenvolvimento da C&T, como uma *marcha irreversível* foi expressa pelos estudantes em E1 em termos como “voltar ao tempo da idade média”, “dependência permanente”, “impossível parar o desenvolvimento”. Eles manifestaram uma visão simplista sobre o papel da C&T, um modelo de caráter redentor e poderoso quase sempre manifestado nos diversos âmbitos sociais e reproduzido no ensino de ciências, evidenciando o “sucesso da C&T”. Acreditamos que em E1 as influências sociais da C&T poderiam ter sido melhor explicitadas nas turmas na construção dos trabalhos dos estudantes, melhorando o debate sobre a capacidade do homem de coexistir harmonicamente com seu próprio ambiente vital e ajudando a criar soluções segundo este objetivo, sem o ranço do “sucesso inexorável”. Uma medida pedagógica nesse sentido é delineada por Penteadó (2003) e consiste em discutir as questões ambientais como um *somatório de fatores*, como uma *rede complexa* de condicionantes que alteram o ambiente e, sobretudo, como um processo de *rupturas e reorganizações*.

Tomada de decisões. A maioria das produções analisadas evidenciou uma preocupação com as conseqüências ambientais do uso dos motores à combustão, um determinado nível de consciência quanto às necessidades reais dessa utilização, ainda que pouco traduzido por atitudes, e a consideração da complexidade do assunto diante de uma multiplicidade de pontos de vista. Para Chaves (2001), a perspectiva da dinamicidade e provisoriade da C&T, presente nos estudos CTS, promove uma visão mais esclarecida e menos ideal sobre as mesmas, o que se traduz num aumento no interesse dos estudantes pelas aulas e auxilia no processo de tomada de decisões ao permitir maior compreensão crítica sobre os assuntos tratados. Principalmente em E1, essa vontade de investigar criticamente a própria realidade, a partir de um estranhamento do cotidiano, como prevê Freire (2005), foi fortemente impressa. Os estudantes, nos debates e no aprofundamento através da pesquisa, compreenderam que quanto à substituição dos combustíveis fósseis é ingênuo assumir apenas um ponto de vista. A tomada de decisões incluiu, assim, a necessidade de relativizar a questão, conforme mostra a transcrição a seguir:

Percebemos que não é fácil modificarmos o que está presente na vida de tantas pessoas e que essa questão envolve valores éticos, políticos, ambientais e opiniões antagônicas que dificultam ainda mais chegarmos a um consenso [...]. Temos também total consciência de que para utilização dos combustíveis alternativos pela sociedade em geral se faz necessário primeiro uma movimentação de vários setores começando por nós mesmos (E1).

De forma geral, a abordagem temática que aplicamos, nas turmas de E1 e E2, mereceu a atenção dos aprendizes na medida em que participaram dos debates e expuseram suas opiniões para que fossem problematizadas. Assim, consideramos que o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisões daqueles estudantes foi permitido a partir do desenvolvimento da capacidade de argumentação crítica, observada, por exemplo, nas transcrições anteriores. Os aprendizes emitiram juízo de valor desde os primeiros momentos do estudo do tema, quando participaram

do júri simulado, e permaneceram assim no estudo dos conteúdos relacionados, que abordaram questões éticas, políticas, econômicas, culturais, etc.

Santos e Mortimer (2001) afirmam que a tomada de decisões facilitada através do estudo de temas sociais também envolve compromisso e responsabilidade a partir da conscientização do indivíduo. Esse aspecto foi manifestado nas reações de alguns estudantes e referenciado nos textos produzidos nos dois contextos. Notadamente, em E2 a discussão da relação custo/benefício envolvendo a responsabilidade do uso dos motores em questão foi importante a argumentação crítica dos aprendizes, os quais registraram em suas avaliações. Citamos uma delas, a título de exemplo:

Sabemos que o processo de industrialização com o avanço da ciência e da tecnologia têm trazido benefícios [...]. Porém, esse processo tem feito vítimas, nós mesmos. Fatores como mau uso dos recursos proporcionados pela industrialização, a nossa ganância, o próprio descuido do poder público, têm acarretado em seriíssimos problemas ao nosso meio ambiente (E2).

Tal situação pedagógica se tornou possível dentro de uma aula de Física devido à adoção da perspectiva CTS que privilegia discussões em torno da ética levando os participantes a compreender o processo de tomada de decisões, através da aprendizagem, como ato político, mediante um posicionamento crítico sobre uma questão intrigante. Outrossim, tal como nossa abordagem possibilitou, as discussões em torno do consumismo moderno e da criação de novas “necessidades” foram importantes para a tomada de consciência dos estudantes sobre o uso racional dos combustíveis e das possíveis fontes “alternativas” de energia. Angotti e Auth (2001) apóiam a necessidade de abordar no espaço escolar questões dessa natureza para que se revele que os avanços da C&T não beneficiam a toda comunidade de indivíduos.

Comunicação e discurso. Em ambos os contextos escolares, percebemos que os debates em sala estimularam a comunicação em grupo, especialmente daqueles estudantes que procuraram expressar e compartilhar suas opiniões, tal como prevêem Delizoicov e Angotti (1992) como consequência de uma abordagem relacional. O ensino CTS construído com aqueles aprendizes permitiu o tratamento de múltiplas dimensões do conhecimento, o que ficou expresso no discurso dos alunos. Nesse sentido, não prevaleceram conteúdos das Ciências, mas aqueles ligados à História, Política, Economia e Ética. Boa parte das produções que mencionou aspectos das ciências também enfatizou questões ligadas às outras disciplinas:

O motor à combustão além de todos os danos causados ao ambiente é pouco eficiente, [visto que] este só utiliza trinta por cento de toda energia produzida. Mas ele em si não é o único culpado pela poluição ambiental. Existem diversas atividades humanas, [como] trabalho das fábricas, desmatamento, tratamento de lixo, que contribuem para vários impactos ao homem e seu ambiente (E1).

Temos também [...] os vários malefícios que [o controle da energia térmica] tem nos causado, como a poluição do ar pelo escapamento dos automóveis [resultando em] poluição dos rios, efeito estufa, aquecimento global, problemas de pele e respiratórios, etc (E2).

Também destacamos que nas turmas de E2 boa parte das dissertações foi entregue em branco, apesar de aquela produção escrita ter constituído a culminância do bimestre naquele contexto. Tais alunos sequer expressaram e desenvolveram uma idéia sobre o assunto em questão. Além disso, grande quantidade de produções fugiu ao tema proposto. Os alunos apenas reproduziram excertos do texto didático ou conceitos trabalhados em sala de aula. A transcrição abaixo ampara nossa conclusão:

Alterou [de modo] a facilitar a vida do homem na natureza, desse modo o homem se aperfeiçoou, soube utilizar a energia como, por exemplo, em movimento [...]. Sabemos que o motor de quatro tempos é uma transformação de energia em movimento por meio de admissão, exaustão, expansão e compressão (E2).

Embora admitamos certo ganho cognitivo na capacidade de organização de idéias e sua posterior comunicação, a transcrição anterior não foi utilizada ao longo da dissertação como apoio para desenvolver argumentos sobre a influência da energia na vida das sociedades. Aliás, a maioria das dissertações se mostrou desconexa e incoerente naquele contexto. Diferente dos resultados em E1, nas turmas de E2 a capacidade de comunicação dos estudantes no nível individual não foi majoritariamente potencializada no estudo do tema. Como já antecipamos, o tema não foi desenvolvido parcialmente em E2 devido a problemas externos à escola. Além disso, a realidade sócio-educacional de E1 é historicamente melhor organizada que em E2, o que provavelmente se refletiu no processo de aprendizagem por qual passaram os estudantes de E1.

O professor, em E2, ao longo do bimestre procurou promover a leitura em voz alta, pois percebeu na interação em sala de aula que os alunos possuíam pouca fluidez na leitura. Nos dois contextos escolares, foram frequentes as resistências dos estudantes em participar do processo de leitura do texto didático no momento das aulas, o que para nós quase sempre resultou em pouca compreensão dos elementos tratados. Poucos trabalhos escritos e dissertações incorporaram informações discutidas nos momentos de leitura. Acreditamos que isso decorreu principalmente do frágil hábito de leitura dos discentes, mostrando a qualidade de sua formação em linguagem do ponto de vista geral. Como educadores, não podemos ignorar esse resultado. Diante dos resultados de nossa pesquisa, estamos convictos de que dificilmente uma proposta pedagógica alcança efeitos satisfatórios em termos de aprendizagem, sobretudo a conceitual, quando há pouca ou nenhuma interação dos aprendizes com os materiais didáticos que lhe subsidiam.

Os alunos que chegaram ao Ensino Médio das realidades educacionais que avaliamos possuem graves entraves na compreensão dos textos escolares. De certa forma, segundo o que constataram os professores, tal deformação atrapalha no processo de compreensão das idéias e discussões fomentadas pelos textos didáticos. Assumimos que compreender não é produzir um sentido, simplesmente, mas entender como um objeto em estudo produz sentido para o leitor. Essas avaliações nos permitiram definir enfoques prioritários em momentos futuros de ensino como: o fomento sistemático da explicitação dos processos de compreensão textual aos alunos e o seu confronto e discussão com colegas na sala de aula.

Interdisciplinaridade. Ao longo da aplicação, o direcionamento didático dos professores nas aulas pretendeu alcançar o âmbito de outras disciplinas, não apenas a Física. Assim, as produções dos estudantes dos dois contextos escolares expuseram pontos de vista sobre a utilização dos combustíveis fósseis e alternativos no estudo de assuntos das disciplinas História, Geografia, Biologia e Química, abordando temas relacionados à política, economia, cultura, ambiente e ética. Esse conjunto de saberes mostrou uma característica importante do ensino CTS, isto é, a exigência de rupturas com o ensino disciplinar, “*dado que procura esbater fronteiras entre disciplinas*” (SANTOS, 2001, p.51), ou atenuar gradualmente os contrastes ou limites entre elas. Nesse caminho, a interdisciplinaridade é vista como uma condição importante para a aprendizagem crítica dos indivíduos, devendo ser promovida através de estratégias que os convidem a questionar diferentes pontos de vista em torno de um tema central.

Por essa razão, estamos convictos que nossa abordagem alcançou o âmbito *multidisciplinar*. Entendemos que a perspectiva interdisciplinar pede um *compromisso* com os múltiplos aspectos do tema, isto é, que diferentes pontos de vista sejam aproximados por meio de uma questão central, com o compromisso de investigá-la relacionalmente. Nesse sentido, não basta a “apresentação” de pontos de vista de especialidades ou disciplinas para tornar o ensino interdisciplinar, como no trabalho com “centros de interesse”. Em nosso caso, ainda que nosso

material didático permitisse que fossem trabalhados os aspectos de outras disciplinas, em poucos momentos conseguimos manipular o conhecimento ensinado de forma relacional, ao menos entre duas disciplinas, assim como não percebemos o alcance dessa competência nos argumentos dos estudantes. Entretanto, assumimos esse resultado como um avanço, uma primeira ruptura, em relação à mera exposição do tema sob o ponto da Física, o que tradicionalmente ocorre.

ALGUMAS LIÇÕES

A proposta avaliada neste artigo potencializou discussões sobre o papel da C&T em nossa sociedade e promoveu uma tomada de decisões, ainda que marcada por uma visão unilateral do papel da C&T e por alguns julgamentos ingênuos. Além disso, o debate em torno do tema “O motor à combustão” motivou em seus participantes uma renovação de atitudes. Reflexões sobre o compromisso com o equilíbrio do meio ambiente e os valores envolvidos no acesso/consumo de energia, além de contribuir para o processo de alfabetização científica dos sujeitos, puderam torná-los elementos propagadores dos conhecimentos apreendidos. Assim, acreditamos que essa temática, pautada numa concepção CTS, possui importância educacional no nível médio de ensino e defendemos o estudo da mesma noutros contextos escolares.

Ressaltamos que a leitura é um importante instrumento de aprendizagem e que ocupa um papel de grande relevância na vida de um indivíduo. Percebemos, no entanto, ao aprofundarmos nossa análise, uma real necessidade de ação que envolva, não apenas a área curricular de Linguagens e Códigos, tradicionalmente responsável pelo desenvolvimento do processo de leitura e compreensão de textos, mas todos os componentes curriculares, já que, de um modo geral, pela leitura se atinge o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. Cremos que a intenção do ensino é criar leitores-cidadãos cada vez mais autônomos.

Por questões da realidade de isolamento que vivenciamos em nossas práticas docentes, procuramos implementar as características interdisciplinares da abordagem temática e dos estudos CTS em nossas aulas de Física, mas compreendemos a pouca probabilidade de sucesso dessa ação em termos interdisciplinares, segundo o que já destacamos. No entanto, os efeitos favoráveis obtidos na aplicação que investigamos nos motivam a procurar intercâmbios com outros colegas de profissão para estendermos essas possibilidades educacionais.

Evidentemente que a implementação de uma cultura de debates de temas sociais no cotidiano escolar, favorecida na abordagem, bem como o aprofundamento da temática, seja necessária para obtermos mais conclusões e lições educacionais. Estamos convictos, contudo, que a metodologia produziu resultados satisfatórios quanto aos objetivos de nosso estudo.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO DÍAZ, J. A. Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v.1, n.1, p.3-16, ene., 2004. Disponível em: <http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen1/Numero_1_1/Educa_cient_ciudadania.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2005.

ACEVEDO DÍAZ, J. A.; VÁZQUEZ ALONSO, A.; MANACERO MAS, M. A. El movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad y la Enseñanza de las Ciencias. In: _____. **Avaluació deis temes de ciència, tecnologia i societat**. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears, 2001. Disponível em: <<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo13.htm>>. Acesso em: 4 fev. 2005.

- AIKENHEAD, G. S. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. S. **STS education: international perspectives on reform**. New York: Teachers College Press, 1994. p.47-59. Disponível em: <<http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/sts05.htm>>. Acesso em: 16 jun. 2005.
- AMORIM, A. C. R. O que foge do olhar das reformas curriculares: Nas aulas de biologia, o professor como escritor das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. **Ciência & Educação**, v.7, n.1, p.47-65, 2001.
- ANGOTTI, J. A. P.; AUTH, M. A. Ciência e Tecnologia: Implicações Sociais e o papel da Educação. **Ciência & Educação**, v.7, n.1, p.15-27, 2001.
- ANGOTTI, J. A. P.; BASTOS, F. P.; MION, R. A. Educação em Física: Discutindo Ciência, Tecnologia e Sociedade. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.183-197, 2001.
- AULER, D. Alfabetização Científico-Tecnológica: um novo paradigma? **Ensaio**, v.5, n.1, p.1-16, mar, 2003.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico-Tecnológica para quê? **Ensaio**, v.3, n.2, p.105-115, dez, 2001.
- BRANCO, S. M. **Energia e Meio Ambiente**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004.
- CHAVES, S. N. Compromisso Social e a Formação do Professor de Ciências. In: Santos, E. F. et al. (orgs.) **Incursões didáticas**. Belém: Santos, 2001. p.139-148.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Física**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1992.
- IRAZOQUE PALAZUELOS, G.; ZAMORA ROSETA, M. K.; GARRITZ RUIZ, A. La resolución de problemas como centro constructor en la enseñanza de la termodinámica. In: CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS: EDUCACIÓN CIENTÍFICA PARA LA CIUDADANÍA, 7, 2005. Número extra, **Enseñanza de las Ciencias**, 2005.
- PENTEADO, H. D. **Meio ambiente e formação de professores**. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2003.
- SANTOS, M. E. V. M. Educação pela ciência: a “atmosfera CTS” como matriz da educação para a cidadania. In: _____. **A cidadania na “voz” dos manuais escolares: O que temos? O que queremos?** Lisboa: Livros Horizonte, 2001. p.31-85.
- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v.7, n.1, p.95-111, 2001.
- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio**, v.2, n.2, p.133-162, dez, 2002.
- SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 2. ed. Ijuí: Editora IJUÍ, 2000.
- SILVA, L. F.; CARVALHO, L. M. A temática ambiental e o ensino de física na escola média: algumas possibilidades de desenvolver o tema Produção de Energia Elétrica em Larga Escala em uma situação de ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.24, n.3, p.342-352, set, 2002.
- TEIXEIRA, P. M. M. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento C.T.S no Ensino de Ciências. **Ciência e Educação**, v.9, n.2, p.177-190, 2003a.
- TEIXEIRA, P. M. M. Educação científica e movimento CTS no quadro das tendências pedagógicas no Brasil. **Revista da ABRAPEC**, v.3, n.1, p.88-102, jan/abr, 2003b.