

Introduzindo questões sociocientíficas na sala de aula: um estudo de caso envolvendo produção de energia elétrica, desenvolvimento e meio ambiente

José Roberto da Rocha Bernardo¹, jrrbernardo@id.uff.br

Deise Miranda Vianna², deisemv@if.ufrj.br

Vitor Hugo Duarte da Silva², vitorhugoduarte@gmail.com

Introducing socio-scientific issues in the classroom: a case study involving electric power production, development and environment

Resumo

Este trabalho apresenta uma pesquisa realizada com alunos do terceiro ano do ensino médio de uma escola profissionalizante da cidade do Rio de Janeiro. A investigação procurou compreender como a introdução de um tema sociocientífico pode contribuir para a formação crítica, reflexiva e cidadã dos estudantes que vivenciaram a experiência com a metodologia e o material didático desenvolvidos para abordagem do tema. Para a realização da pesquisa, foram elaboradas atividades didáticas apoiadas no enfoque C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade). Durante a investigação buscou-se identificar, nas respostas dadas pelos participantes às atividades sugeridas, elementos que pudessem indicar a construção de uma argumentação crítica sobre o tema – produção da energia elétrica, desenvolvimento e meio ambiente. A análise dos dados indicou que os participantes puderam construir reflexões críticas acerca das relações CTS envolvidas com o tema trabalhado em sala de aula.

Palavras-chave: educação em ciências; enfoque CTS; questões sociocientíficas

Abstract

This paper presents a research carried out with high school students of a vocational school of Rio de Janeiro city. The research sought to understand how the introduction of a social-scientific issue may contribute to the critical, reflective and citizen formation of students who have experienced the methodology and teaching materials developed for dealing with the issue. For the research, teaching activities were supported by the S-T-S (Science-Technology-Society) approach. During the investigation we sought to identify, from the answers given by participants to the suggested activities, elements that could indicate the construction of critical arguments on the issue – electrical energy production, development and environment. Data analysis indicated that participants were able to build critical reflections about the STS relationships involved with the issue dealt in the classroom.

Keywords: science education; STS approach; socio-scientific issues

¹Universidade Federal Fluminense

²Universidade Federal do Rio de Janeiro

Introdução

O enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) vem ganhando cada vez mais visibilidade à medida que aumenta a demanda por uma formação que auxilie o cidadão a enfrentar os problemas postos pela contemporaneidade, e com isso, aumenta o seu poder de influência sobre o campo do ensino de ciências. Entretanto, as pesquisas em relação a essa perspectiva apontam alguns desafios que precisam ser levados em conta. Dentre eles destacam-se a ausência de material didático adequado (MARTINS, 2002), os programas escolares fechados e a formação compartimentada dos professores. Tudo isso associado à falta de autonomia desses profissionais para promover as mudanças necessárias (BERNARDO, 2008).

No Brasil não tivemos a oportunidade de contar com um programa nacional de orientação CTS, entretanto os avanços dos estudos realizados nessa direção já mostram evidências da influência que esse referencial exerceu até mesmo sobre os documentos oficiais da Educação. Nesse momento em que precisamos de um perfil de cidadão bem informado sobre problemas globais e capacitado para exercer sua cidadania de forma crítica, fica a seguinte questão: de que forma podemos contribuir com metodologias que introduzam discussões relevantes sobre o papel social da ciência-tecnologia na sala de aula? Partindo deste questionamento, foram planejadas atividades para abordagem do tema Produção da Energia Elétrica, Desenvolvimento e Meio Ambiente, considerando os aspectos sociocientíficos que o tema incorpora (SANTOS & MORTIMER, 2009) e que justificam sua relevância social.

Assim, a pesquisa pretendeu responder às seguintes questões: em que medida a introdução de um tema sociocientífico nas aulas de física colaborou para a construção de argumentos relevantes sobre o tema por parte dos estudantes? Foi possível promover a conscientização dos estudantes acerca das questões sociocientíficas que envolvem o tema? As atividades contribuíram para o aprendizado dos conteúdos de física envolvidos no processo de produção de energia elétrica?

Para a realização da pesquisa foram elaboradas sequências didáticas e recursos materiais compatíveis com o tema e adequados ao enfoque CTS. As análises dos dados de pesquisa se realizaram a partir de extratos dos diálogos em sala de aula e da produção textual dos estudantes, como, por exemplo, as redações elaboradas pelos participantes.

Fundamentação teórica

Visto como alternativa humanista para o ensino de ciências (AIKENHEAD, 2006), o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) tem sido indicado como um dos caminhos para a formação de cidadãos capazes de atuar de forma responsável em relação a temas controversos que incorporem aspectos sociocientíficos (SANTOS & MORTIMER, 2009). Além disso, recentemente, se tem observado uma evolução no sentido do enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA), considerado por alguns autores como um desdobramento do enfoque CTS com ênfase localizada, principalmente, no aspecto ambiental (AIKENHEAD, 2003), em função da visibilidade que essas questões ganharam nas últimas décadas impulsionadas pela “situação de emergência planetária” (GIL-PÉREZ & VILCHES, 2006).

Desde o surgimento do movimento CTS até a década de 1990 já haviam sido propostos vários projetos educacionais de orientação CTS, principalmente nos Estados Unidos e na

Inglaterra. A diversidade de concepções e abordagens identificada por Ziman (1994) aparece discriminada também no trabalho de Aikenhead (1994).

A introdução da discussão sobre aspectos que envolvem a natureza da ciência-tecnologia tem sido outro ponto ressaltado em relação à educação CTS. Nesse sentido, Auler e Delizoicov (2001) apontam o enfoque CTS como um meio de combate aos “mitos construídos historicamente” em relação à neutralidade e à “perspectiva salvacionista” da ciência-tecnologia, que fortalecem o “modelo de gestão tecnocrática” sobre os assuntos científico-tecnológicos e suas demandas.

Ensinar uma Ciência na perspectiva CTS é dar significado a esta Ciência por meio de um tema de caráter sociocientífico que potencialize a articulação das diversas dimensões - científica, tecnológica, política, econômica, social, ambiental, ética, moral e cultural - que esse tema abarca, a fim de que se favoreça uma educação para o exercício da cidadania frente aos desafios postos pela contemporaneidade (BERNARDO, 2008).

Ao longo dos anos, as interpretações sobre o que seria o ensino de ciências via CTS ou CTSA vêm passando por várias transformações, o que caracteriza esse enfoque como um campo em permanente construção e reconstrução, embora existam pontos de consenso entre os diferentes pesquisadores que se dedicam a esses estudos. Entretanto, iniciativas em direção ao enfoque CTS parecem mais adequadas quando se pretende favorecer a formação “banda-larga” de que nos fala Martins (2002). Nesse sentido, consideramos que o letramento científico e tecnológico em larga escala deve se aproximar mais de um “letramento em processos científico-tecnológicos” (BERNARDO, 2008). Nessa nova perspectiva não cabem abordagens de aspectos funcionais de aparatos tecnológicos. Aqui se defende uma educação para compreensão de processos científico-tecnológicos, sem a pretensão do aprofundamento nas questões de fabricação, manutenção e funcionamento, mas que ofereça possibilidades de reflexões sobre as diversas dimensões que se articulam com os temas e que sejam realmente relevantes para a formação do cidadão crítico.

Por outro lado, ao refletirmos sobre a forma como as escolas públicas regulares encontram-se organizadas no Brasil – currículos prescritos, programas engessados e compartimentados – identificamos a partir dessa realidade, aspectos que representam grandes desafios em relação à perspectiva CTS, principalmente se considerarmos o caráter interdisciplinar deste enfoque e a formação do professor, considerada por Bernardo (2008) e Tenreiro-Vieira & Vieira (2005) como de fundamental importância, para a mudança de atitude necessária para o professor que deseja atuar segundo os pressupostos do enfoque CTS, uma vez que qualquer inovação reforma ou reorganização curricular que se proponha, irá recair sobre o que os professores irão fazer dessas orientações em sala de aula.

A construção da proposta

A pesquisa se desenvolveu a partir de um projeto de parceria universidade-escola que possibilitou a formação de um grupo de trabalho envolvendo dois professores de duas universidades, um futuro professor de física, e um professor regente de física de uma escola pública da rede de escolas técnicas do Rio de Janeiro, ligada à Fundação de Apoio às Escolas Técnicas (FAETEC) em um trabalho coletivo, onde todas as etapas ocorreram respeitando-se uma relação de absoluta horizontalidade hierárquica entre os membros representantes dos três segmentos do grupo e levando em conta a importância dos saberes dos professores experientes, a realidade e as especificidades da escola parceira.

Situada em um bairro na Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro, a escola atende a um público de, aproximadamente, 3000 estudantes da classe média baixa, em sua maioria moradores das comunidades do entorno.

As atividades desenvolvidas pelo grupo tiveram como eixo estruturante o tema “Produção da Energia Elétrica, Desenvolvimento e Meio Ambiente”. A escolha do tema se deu em função dos aspectos sociocientíficos que o caracterizam (SANTOS & MORTIMER, 2009) e representa um recorte de uma proposta mais abrangente, que esteve em andamento na escola parceira entre 2003 e 2005 (BERNARDO & VIANNA, 2005), que abordava conteúdos do eletromagnetismo, suas aplicações tecnológicas – principalmente as que se relacionam com a produção, transformação e distribuição da energia elétrica –, e suas implicações políticas, econômicas, sociais, ambientais, culturais, etc.

Dentre as ações do grupo de trabalho, destacam-se: estudo do referencial teórico (CTS), planejamento de sequências didáticas, produção de material didático compatível com o tema a ser abordado e adequado ao enfoque CTS, e implementação das atividades planejadas na escola parceira. O material didático teve como base alguns textos informativos obtidos de revistas e jornais de grande circulação e um mapa que se encontra disponível na Internet. Foram adaptados textos de livros – originais ou não – que tratam da construção do eletromagnetismo clássico ao longo do século XIX. O material experimental utilizado nas aulas envolveu reproduções de experimentos históricos do eletromagnetismo clássico do século XIX, uma réplica de gerador elétrico construído com material de sucata e um looping para experimentos didáticos.

A implementação da proposta ocorreu em aulas extras do terceiro ano do ensino médio e sob a regência do professor da escola. Durante a etapa de implementação do projeto na escola, as aulas foram acompanhadas pelo futuro professor de física. Especificamente em relação aos conteúdos da física, os estudantes já se encontravam familiarizados com alguns conceitos, como: energia, corrente elétrica e diferença de potencial.

Metodologia

Para a consecução da pesquisa foram indispensáveis a organização do trabalho a ser implementado na escola, a obtenção e seleção dos dados, além da análise do material empírico selecionado.

Organização do trabalho

A pesquisa ora apresentada focaliza especificamente as ações em sala de aula, a relação dos estudantes com o material didático desenvolvido e com as atividades planejadas para abordagem do tema Produção da Energia Elétrica, Desenvolvimento e Meio Ambiente.

A introdução das atividades na sala de aula se deu ao longo de quatro encontros semanais, com a duração de duas horas-aula cada um, perfazendo um total de oito horas-aula.

No primeiro encontro com os estudantes as atividades previstas foram introduzidas por meio de uma questão problematizadora que buscou resgatar o debate acerca dos problemas que o racionamento compulsório de energia elétrica trouxe para os moradores de diversas regiões do Brasil, inclusive para o Rio de Janeiro, no período de 2001/2002. Na ocasião o assunto ocupou boa parte do espaço em toda a imprensa e o debate envolveu forças políticas

da situação que procuravam justificar o problema da falta de energia baseando seus argumentos na escassez das chuvas, enquanto as forças políticas de oposição ao Governo indicavam a falta de investimentos no Setor Elétrico como a principal responsável pela crise, sobretudo os investimentos em linhas de transmissão que pudessem transportar energia do Sul para o Sudeste do país.

A opção por este assunto ocorreu devido ao impacto direto que as medidas do Governo tiveram sobre a população e pelo fato das discussões sobre o tema estarem presentes na memória dos estudantes.

Assim, a apresentação inicial se apoiou em aspectos sociais, políticos e econômicos, trazidos pela seguinte pergunta formulada aos alunos: *Como você explica a necessidade de racionamento de energia que ocorreu entre 2001/2002?* Com esta pergunta procurou-se motivar reflexões e discussões a partir de informações e conhecimentos trazidos à priori pelos estudantes participantes.

Em seguida foram apresentados aos estudantes alguns textos obtidos de jornais de grande circulação que continham reportagens da época e que tratavam de aspectos técnicos e políticos relativos à crise. Foi proposta a leitura e um debate sobre o conteúdo dos textos.

O segundo encontro foi marcado por discussões que focalizaram as relações entre produção de energia elétrica, desenvolvimento e os impactos sócio-ambientais associados a esses processos produtivos. Para esta etapa do trabalho foram utilizados materiais diversificados que subsidiaram as reflexões e a argumentação dos estudantes.

A ação teve como ponto de partida um debate motivado pela análise do mapa disponível em <http://autoracing.virgula.uol.com.br/forum/index.php?showtopic=31054>, que mostra as regiões do planisfério onde há maior e menor ocorrência de consumo de energia elétrica, que podem ser visualizadas pela distribuição das fontes de iluminação artificial nas diferentes regiões do planeta.

Após o debate relacionado ao mapa, foi proposta uma atividade de caráter demonstrativo onde os estudantes tiveram a oportunidade de verificar experimentalmente a presença da força eletromotriz induzida – portanto da energia elétrica produzida – a partir de medidas realizadas nos terminais elétricos de uma réplica de gerador construído com material de sucata. No ato da demonstração foi utilizada a queda d'água de uma bica para a movimentação das pás da “turbina” e discutida também a possibilidade do mecanismo ser movimentado a partir do vento, do vapor em alta pressão, ou mesmo da ação das mãos.

A atividade seguinte se baseou em uma adaptação do texto *Energia Renovável: sonho ou realidade?* (LEITE, 2005), publicado na revista *Scientific American*. Além da leitura do texto, foi proposto um debate entre os estudantes. Em linhas gerais, o texto dá um panorama da diversidade de fontes de energia disponíveis e utilizadas na produção da energia elétrica, suas vantagens e desvantagens, apontando principalmente os problemas relacionados com as fontes provenientes de combustíveis fósseis, como o impacto ambiental e a possibilidade de substituição dessas fontes por combustíveis não fósseis.

Outra atividade realizada envolveu a audição da música *Sobradinho*, da autoria de Sá e Guarabyra, acompanhada da análise do texto da letra. Trata-se de uma canção popular que denuncia o drama da população afetada e os impactos sócio-ambientais causados pela instalação da usina hidrelétrica de Sobradinho na região do Rio São Francisco, onde comunidades ribeirinhas foram removidas e lugarejos do entorno da usina totalmente inundados pela água represada.

Para finalizar, os estudantes foram convidados a responder à seguinte pergunta: *Como “surge” a energia nas usinas? Explique o processo.* A questão formulada procurou motivar o pronunciamento dos estudantes a partir dos seus conhecimentos acerca dos processos envolvidos na produção da energia elétrica.

O terceiro encontro teve como foco principal a abordagem dos conteúdos físicos básicos envolvidos no processo de produção da energia elétrica traduzida pela seguinte pergunta provocadora formulada aos estudantes: *Como você explica o que ocorre no interior do gerador?*

Visando uma abordagem histórica que facilitasse a apresentação dos conteúdos físicos, foram utilizados textos adaptados do Projeto Harvard (VALENTE & MARTINS, 1985) e de originais de Faraday (1855). Os textos adaptados utilizados procuraram enfatizar, principalmente, as contribuições de Ørsted e Faraday para a construção do eletromagnetismo do século XIX. O estudo dos textos ocorreu em associação com a realização de atividades experimentais que representam reproduções de experimentos propostos por estes cientistas à época e que inauguraram as discussões sobre os fenômenos eletromagnéticos, permitiram a formulação do princípio da indução eletromagnética e contribuíram para o desenvolvimento de produtos tecnológicos como os geradores e motores elétricos que iriam mudar radicalmente os meios de produção na transição entre os séculos XIX e XX, além de abrirem caminhos para os estudos sobre o eletromagnetismo clássico. Assim, a introdução de elementos da história da ciência através dessas atividades visava enriquecer as aulas com discussões acerca das relações entre ciência e tecnologia, seus desdobramentos socioeconômicos e culturais, além de auxiliar no combate aos “mitos historicamente construídos” (AULER & DELIZOICOV, 2001).

As atividades experimentais introduzidas permitiram a verificação da relação entre corrente elétrica e campo magnético através da reprodução do experimento de Ørsted realizado em 1820, enquanto a reconstrução do processo que levou à formulação do princípio da indução eletromagnética foi possível a partir da utilização dos experimentos do anel metálico e da bobina de indução propostos por Faraday em 1831. Apoiados nos conceitos de linhas de campo magnético e fluxo magnético, as atividades subsidiaram, além disso, os estudos exploratórios realizados pelos estudantes sobre o funcionamento do gerador elétrico utilizando mais uma vez a réplica anteriormente apresentada.

Foi utilizado como recurso didático um looping para estudos sobre o princípio da conservação da energia. A introdução do looping como análogo do gerador elétrico buscou dar oportunidades para reflexões sobre os processos de transformação que ocorrem nos dois casos e sobre o caráter universal do princípio da conservação na energia.

O quarto encontro se caracterizou como um momento de organização das idéias dos estudantes acerca do tema que norteou os quatro encontros. Os estudantes foram desafiados a produzir um texto orientado pela seguinte proposta: *Desenvolva uma redação (de 15 e 20 linhas) que apresente as suas considerações sobre uma situação hipotética onde você, na condição de Ministro das Minas e Energia de um determinado país, deve criar critérios para a escolha de um programa de produção de energia elétrica. Escreva sobre o tema explicando de que forma você faria essa escolha, levando em consideração a importância dos critérios utilizados.* A realização da redação propiciou aos participantes a oportunidade de organização de suas idéias e de síntese de todo o desenvolvimento das atividades realizadas.

Organização da pesquisa

A pesquisa realizada se caracteriza como um estudo de caso e os dados foram obtidos durante as aulas ministradas para uma turma de 17 estudantes acompanhados por um dos futuros professores, que colaborou com o grupo em todas as etapas do processo – planejamento, implementação e análise dos dados –, e que se apresenta como co-autor deste trabalho.

Identificada com a busca da compreensão de processos que envolvem estudantes em situações de ensino-aprendizagem, a metodologia adotada está situada no campo da pesquisa social. Sendo assim, não cabe a busca por uma “objetivação própria das ciências naturais” (MINAYO, 2004, p. 11). Aqui o que está em jogo é a subjetividade que caracteriza as ações em sala de aula.

Sendo o pesquisador, no nosso caso, um freqüentador do local onde a pesquisa se realizou, podemos caracterizá-la também como o que Bogdan & Biklen (2006) chamaram de pesquisa “naturalista”, uma vez que os dados foram recolhidos basicamente, a partir do comportamento natural dos sujeitos em situações em sala de aula, o que justifica procedimentos qualitativos que valorizam a riqueza da subjetividade dos dados extraídos desse ambiente natural.

Segundo os autores, para o investigador qualitativo,

“[...] as ações podem ser melhor compreendidas quando são observadas no seu ambiente habitual de ocorrência [...] e os dados recolhidos são em forma de palavras ou imagens e não de números [...]” (BOGDAN & BIKLEN, 2006, P. 48).

Assim, nossa pesquisa se configura como do tipo descritiva, onde a palavra deve estar intimamente ligada ao seu contexto, já que estamos interessados no significado que os sujeitos atribuem ao que lhes é apresentado.

Todos os encontros com os estudantes – aulas – foram gravados em áudio e vídeo seguindo as orientações e sugestões contidas em Carvalho (2006). Para a reunião dos dados foram selecionados fragmentos de transcrições dos diálogos em sala de aula. A escolha de cada fragmento levou em conta a ocorrência de elementos relevantes que pudessem facilitar a interpretação do processo de construção dos argumentos elaborados pelos estudantes. Além dos extratos dos diálogos, a metodologia de pesquisa adotada procurou valorizar a produção textual dos estudantes, como, por exemplo, as redações elaboradas pelos participantes no momento de fechamento das atividades, como dados indispensáveis para o trabalho.

Os dados aqui apresentados são referentes aos registros realizados ao longo dos quatro encontros e representam as contribuições de um grupo reduzido de seis participantes.

Os procedimentos de análise envolveram, basicamente, a interpretação dos textos produzidos pelos estudantes – redações – e a interpretação das respostas destes estudantes às perguntas formuladas ao longo das aulas. Considerando que as perguntas possuíam, quase sempre, caráter provocador, as respostas eram construídas coletivamente – inseridas nos diálogos dos estudantes – e verbalmente, o que demandou a transcrição dos diálogos para que pudessem ser identificados os autores das respostas e o seu conteúdo interpretado.

Resultados e discussão

Em relação à realização do projeto, acreditamos que a parceria universidade-escola facilitou sobremaneira o trabalho do grupo, em relação a um dos maiores desafios apontados na literatura sobre CTS que é a falta de abertura nos programas escolares.

Os estudantes participantes serão identificados ao longo do texto pelos sinais E1, E2, E3 ... quando se fizer necessária a apresentação de seus depoimentos.

A análise dos dados produzidos no primeiro encontro se concentrou, basicamente, nas respostas dos estudantes à primeira questão “*Como você explica a necessidade de racionamento de energia que ocorreu entre 2001/2002*”. Três dos participantes explicaram que o racionamento ocorreu pela falta de água nas represas e dois explicaram que a falta de investimentos do Governo foi decisiva para a ocorrência do racionamento.

E6: “Foi por causa da falta de chuvas para encher as barragens”.

E3: “Pela precária linha de transmissão e falta de investimentos”.

E5: “A falta de investimentos no Setor Elétrico [...] os investimentos foram inferiores à necessidade”.

Observa-se nos discursos dos participantes a presença de questões técnicas, políticas e econômicas, o que de fato pode significar alguma conscientização em relação ao tema. Entretanto, esse discurso é comum entre estudantes de cursos técnicos por se tratar de um assunto que lhes é familiar. Além disso, os argumentos apresentados inicialmente estiveram baseados em conhecimentos prévios normalmente adquiridos dos meios de comunicação, que não necessariamente aprofundam as discussões do ponto de vista científico-tecnológico. Daí a precariedade revelada nos depoimentos.

Um participante optou por um caminho diferente e atribuiu o racionamento ao consumo excessivo de energia.

E2: “O racionamento foi feito porque as pessoas estavam gastando energia excessivamente, causando a falta de água”.

Neste caso percebemos que o estudante ainda não consegue articular corretamente as suas idéias. A vinculação do racionamento de energia com o gasto excessivo de água mostra que este participante não tem clareza em relação ao processo – produção de energia elétrica.

Depois da sequência de atividades realizadas ao longo do segundo encontro, a observação cuidadosa dos debates realizados em sala de aula permitiu a identificação de uma evolução na argumentação dos estudantes, sobretudo em relação aos aspectos sócio-econômicos que envolvem o tema. Essa mudança, cuja construção pareceu ter sido favorecida a partir dos recursos do mapa e da canção popular, foram sentidas primeiramente pelo efeito que esse material provocou junto aos estudantes. Além disso, a mensagem que pretendíamos passar por meio desses recursos ocorreu de forma bastante clara, como pode ser verificado nos fragmentos de depoimentos a seguir que traduzem as reflexões de dois participantes.

E4: “É impressionante como existe desigualdade nesse mundo [...] é só olhar pra África apagada.”

E5: “Às vezes a gente quer energia e só pensa no nosso benefício [...] mas tem que pensar um pouco também em quem paga por isso com sacrifício.”

Em relação aos processos científico-tecnológicos propriamente ditos, procuramos concentrar nossa análise nas respostas fornecidas pelos estudantes à segunda questão “*Como ‘surge’ a energia nas usinas? Explique o processo.*” formulada após a realização das atividades. Os dados revelaram que os participantes possuíam conhecimentos sobre os tipos de usina e as principais fontes utilizadas no Brasil, além de reconhecerem o processo de “*geração*” como uma transformação de energia.

E1: “É dentro do gerador da usina [...] a energia é gerada”.

E6: “Pode ser de várias fontes: hidrelétrica, nuclear, do vento [...]”.

E5: “É a transformação da energia mecânica em energia elétrica”.

Embora a intenção da segunda pergunta fosse provocar os estudantes em relação ao processo de produção, de maneira geral, as respostas apresentadas mostraram ainda uma tendência à informalidade que, assim como nas respostas fornecidas à primeira pergunta, podem estar baseadas em conhecimentos obtidos dos meios de comunicação, uma vez que não revelam o aprofundamento desejado em relação aos aspectos científico-tecnológicos que fazem parte do processo.

Entretanto, ainda que possamos ter dúvidas sobre o grau de profundidade dos conhecimentos científico-tecnológicos apresentados àquela altura, em função de toda a subjetividade envolvida, podemos considerar que o grupo esteve bem sintonizado com o tema e que as respostas revelaram uma compreensão da maior parte dos participantes sobre as fases do processo no qual a água represada faz movimentar as turbinas, que por sua vez transformam a energia potencial gravitacional em energia elétrica. Nesse sentido, a fala de E5 mostra que o estudante reconheceu a presença de um princípio físico importante para o processo.

Embora o terceiro encontro tenha sido introduzido a partir da pergunta “*Como você explica o que ocorre no interior do gerador?*”, as respostas fornecidas pelos estudantes não foram consideradas relevantes para a pesquisa. A questão formulada teve apenas papel de catalisador das discussões necessárias para a construção do conhecimento dos participantes em relação aos conteúdos físicos. A base teórica que permitiria aos estudantes respondê-la adequadamente seria construída ao longo da sequência de atividades programada para aquele encontro, quando era esperado que os participantes tivessem domínio completo sobre os fenômenos abstratos do eletromagnetismo e dos princípios da indução eletromagnética e da conservação da energia, bem como do funcionamento do gerador elétrico e dos processos de transformação envolvidos.

A partir da produção textual dos participantes ao longo do quarto encontro, procuramos correlacionar os principais argumentos com algumas propostas desses estudantes para a questão do programa de produção de energia elétrica.

Foi verificada a ocorrência de preocupações com questões ambientais, climáticas, com o custo e a segurança. Essas constatações podem indicar o desenvolvimento de uma percepção mais consciente sobre a questão energética por parte dos estudantes, o que implicaria em aprimoramento de uma formação para o exercício da cidadania como vislumbra o enfoque CTS.

Os fragmentos a seguir foram extraídos das redações de dois dos participantes e exemplificam as visões por eles construídas.

E4: “Observando a posição do Brasil no globo, a sua dimensão e a concentração urbana, a opção adequada seria a geração de energia a partir de células fotovoltaicas pois o Brasil é um país onde os raios solares incidem bastante em todo o território [...] A industrialização leva os países a consumirem muita energia e por sua vez a necessidade de se ter muitas usinas que em sua maioria afetam o meio ambiente bruscamente, não prejudicando somente a eles mas sim todo o mundo”.

E6: “Eu sendo o Ministro das Minas e Energia no Brasil investiria em fontes renováveis [...], pois as fontes não renováveis estão se esgotando [...] terminaria de construir a usina de Angra 3, pois a energia utilizada de maneira consciente pode ser bastante benéfica à sociedade e faria um estudo de impacto ecológico para a utilização de hidrelétricas e se for viável autorizaria a construção destas usinas”.

As propostas apresentadas nas redações sugerem a presença de uma conscientização em relação ao tema e abarcam desde a construção de hidrelétricas e de usinas nucleares até o uso de energias mais limpas como as fontes solar e eólica. O conteúdo dos argumentos indica que a atividade realizada foi significativa para aqueles estudantes, pois ajudou a consolidar conceitos, enquanto a variedade de ideias mostra que não é possível alimentar qualquer expectativa de unanimidade em relação ao tema proposto na redação. Entretanto, a pluralidade verificada não pode ser encarada como ponto negativo. Pelo contrário, não era nossa intenção forjar opiniões nos estudantes sobre a melhor ou a pior forma de produção de energia. Ao apresentar diferentes visões, os participantes explicitam e reforçam um debate que está presente em todo o mundo. Afinal, especialistas também discutem o assunto, tendo opiniões diferentes, e nem por isso são menos respeitados.

A constatação de que cada um dos participantes procurou desenvolver seus argumentos com maturidade e apoiados em aspectos sociocientíficos consistentes relacionados ao tema nos faz acreditar que as atividades propostas foram fundamentais para a construção junto aos estudantes, de uma base de sustentação teórica que favoreceu reflexões acerca da temática estudada e dos conteúdos físicos envolvidos.

Considerações finais

A parceria universidade-escola mostrou-se uma grande aliada em relação às dificuldades que a organização escolar, os currículos prescritivos e os programas fechados

representam para a perspectiva CTS. Além disso, a associação do tema sociocientífico escolhido com o material didático adequado e as atividades planejadas funcionaram como catalisadores de discussões que transformaram significativamente a dinâmica da sala de aula. E a mudança de que falamos pode ser percebida claramente, por exemplo, à medida que os recursos didáticos como o mapa e a canção popular foram introduzidos.

A pesquisa identificou uma tendência inicial dos estudantes de construção da argumentação sobre o tema, a partir, prioritariamente, daquilo que está disponível nos meios de comunicação, o que poderia colocar em dúvida se a formação crítica desses estudantes estaria sendo realmente construída sobre bases científicas ou se estaríamos apenas oferecendo um repertório de argumentos previamente elaborados por jornalistas e/ou especialistas através, principalmente, dos próprios textos e outros recursos utilizados.

Entretanto, o estudo pormenorizado das ações em sala de aula revelou avanços consideráveis. A evolução nos processos argumentativos mostrou que os estudantes estiveram em sintonia com o tema, seus aspectos sociocientíficos e com os princípios e conceitos físicos envolvidos com a produção da energia elétrica, indicando que as atividades realizadas foram significativas porque ajudaram a consolidar conceitos, princípios e promoveram reflexões coletivas acerca das relações C – T – S.

Estudos futuros que ajudem a esclarecer melhor as dúvidas que ainda possam existir sobre a presença dos conceitos especificamente científicos nos processos argumentativos dos estudantes são recomendados, desde que se leve em conta a ação do professor, considerado elemento fundamental para a intensificação dessa discussão durante as aulas, o que não foi considerado neste trabalho, pois não era o nosso propósito.

Referências

- AIKENHEAD, G. What is STS Science Teaching? In: *STS Education - International perspectives on reform*. Eds. Solomon, J. & Aikenhead, G., New York: Ed. Teachers College Press, p. 47-59, 1994.
- AIKENHEAD, G. STS Education: a rose by any other name. In: *A vision for science education: responding to the work of Peter Fensham*. Ed. Cross, R., New York: Ed. Routledge Falmer, p. 59-75, 2003.
- AIKENHEAD, G. *Science education for everyday life: evidence-based practice*. New York: Ed. Teachers College, 2006.
- AULER, D. & DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê?, *Revista Ensaio*, v.3 (2), p. 105-115, 2001.
- BERNARDO, J. R. R. *A construção de estratégias para abordagem do tema energia à luz do enfoque ciência-tecnologia-sociedade (CTS) junto a professores de física do ensino médio*. Tese do doutorado. Instituto Oswaldo Cruz – FIOCRUZ, 2008.
- BERNARDO, J. R. R. & VIANNA, D. M. O eletromagnetismo no contexto de um sistema elétrico: uma abordagem apoiada no enfoque ciência-tecnologia-sociedade. *Revista Ensenanza de las Ciencias*, número extra, p.1- 5, 2005.
- BOGDAN, R. & BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Ed. Porto Editora, 2006.

- CARVALHO, A, M. P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias. Orgs. Santos, F. M. T. & Greca, I. M. Ijuí: Ed, UNIJUI, p. 13-48, 2006.
- FARADAY, M. On lines of magnetic force: their definite character and their distribution within a magnet and through space. In: *Experimental Researches in Electricity*, New York: Ed. Dover, v. 3, 1855.
- GIL-PÉREZ, D. & VILCHES, A. Algunos obstáculos e incompreensiones en torno a la sostenibilidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 3 (3), p. 507-516, 2006.
- LEITE, R.C. Energia renovável sonho ou realidade? *Scientific American*. Edição especial, setembro, 2005.
- MARTINS, I. P. Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educacional português. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, v.1(1), 2002.
- MINAYO, M. C. S. Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social, In: *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Org: Minayo, M. C. S., São Paulo: Ed. Vozes, p. 9-29, 2004.
- SANTOS, W. L. P. & MORTIMER, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 14(2), p. 192-218, 2009.
- TENREIRO-VIEIRA, C. & VIEIRA, R. M. Construção de práticas didático-pedagógicas com orientação CTS: impacto de um programa de formação continuada de professores de ciências do ensino básico. *Revista Ciência e Educação*, v. 11 (2), p. 191-211, 2005.
- VALENTE, M. O. & MARTINS, M. T. L. *Projecto física: luz e electromagnetismo*. Lisboa: Ed. Calouste Gulbekian, v. 4, 1985.
- ZIMAN, J. The rationale of STS education is in the approach. In: *STS Education - International Perspectives on Reform*. Eds. Solomon, J. & Aikenhead, G., New York: Ed. Teachers College Press, p. 21-31, 1994.