

IMPLICAÇÕES DA RELAÇÃO ENTRE CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE: subsídios para a formação de professores de Física
(Implications of the relation science, technology, society and environment: subsidies to physics teacher education)

Rejane Aurora Mion [ramion@uepg.br]

DEMET, Curso de Licenciatura em Física e Mestrado em Educação – UEPG

João Amadeus Pereira Alves [japalves@yahoo.com.br]

DEMET e Curso de Licenciatura em Física – UEPG; PGFC-UNESP-Bauru

Washington Luiz Pacheco de Carvalho [washcar@dfq.feis.unesp.br]

DFQ-FEIS-UNESP e PGFC-UNESP-Bauru

Resumo

Este trabalho faz parte de uma pesquisa mais ampla. Nele apresentamos discussões inerentes à pesquisa localizada em um programa de investigação-ação educacional, em um curso de licenciatura em Física de uma universidade pública, especificamente na disciplina de Estágio Curricular Supervisionado em Ensino de Física, a partir da implementação da nova proposta político-pedagógica no currículo desse curso. Objetivamos mostrar atividades educacionais que propomos e realizamos nessa disciplina, que gerem discussões sobre as implicações da relação ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTSA), visando à transposição didática destas pelos licenciandos na vivência deles no processo ensino-aprendizagem de Física na Educação Básica. Assim, buscamos compreender: qual a importância da problematização das implicações da relação CTSA, numa visão crítica de Educação para a incorporação da cultura científica e tecnológica na cultura da população? A trajetória metodológica deste trabalho ampara-se pela concepção de pesquisa investigação-ação educacional e aos momentos metodológicos da espiral de ciclos lewiniana (planejamento, ação, reflexão e observação).

Palavras-chave: ensino de Física; investigação-ação educacional; cultura científica e tecnológica.

Abstract

In this paper we present some discussions related to a research work that took place in a program of educational action-research, in a physics teacher education course of a public university in Brazil, particularly in the discipline named Supervised Curricular Stage in Physics Teaching, and that was originated in the implementation of new political-pedagogical proposal for the curriculum of this course. In this paper we aim at showing how we have developed activities, inside this discipline, that generate debates about the implications of relations science-technology-society-environment (STSE) aiming at the development of the capacity of the undergraduate students in exploring them along their practices as physics school teachers. In this sense we looked for a comprehension about: what is the importance of exploring the STSE relations from a critical point of view in Education, in order to insert technological and scientific culture in population culture? Our methodological trajectory is based on the conception of educational action-research and in the methodological moments of the Lewinian spiral of cycles (planning, action, observation and reflection).

Key-words: Physics teaching; educational action-research; scientific and technological culture.

Introdução

O propósito deste trabalho consiste em trazer para a reflexão coletiva com a comunidade de pesquisadores em ensino de Ciências Naturais discussões sobre a implantação de atividades educacionais no processo ensino-aprendizagem de Física, tendo como fundamento a

problematização de conceitos e práticas no ensino de Física. Para isso, aproveitamos o fato de ocorrer no período 2006-2007 a fase final de implantação da nova proposta político-pedagógica para o curso de Licenciatura em Física de uma universidade pública, ao passo que buscamos a reorientação e reorganização dos currículos da disciplina de Física nas escolas de Ensino Médio de abrangência dessa universidade. Para efetivar essa reconstrução curricular, objetivamos na disciplina de Estágio Curricular Supervisionado em Ensino de Física a introdução, programação e intensificação da problematização das implicações da relação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) como conteúdo de Física no ensino desta no Ensino Médio.

O trabalho está veiculado a um programa de investigação-ação educacional que vem sendo desenvolvido desde 1997 no referido curso de licenciatura por um dos autores do presente texto. Esse programa compreende a proposta educacional construída e que está sendo desenvolvida na referida disciplina que totaliza 408 horas-aula no decorrer de dois anos letivos. O objetivo da pesquisa que veicula os autores deste trabalho independe das atividades propostas e que serão aqui analisadas, porém nessa pesquisa daremos ênfase a esse tipo de atividade desenvolvida, inclusive porque a proposta que sustenta o presente trabalho consiste em compreender qual a importância da problematização das implicações da relação CTSA, numa visão crítica em Educação para a incorporação da cultura científica e tecnológica na cultura da população.

Desse modo, buscamos aqui a apreciação da comunidade de pesquisa em Ensino de Ciências sobre atividades educacionais construídas e desenvolvidas na referida disciplina, com a perspectiva de geração de importantes reflexos delas ao professor e pesquisador¹ em ensino de Física – nas escolas locais de Ensino Médio. Enfim, trata-se da incorporação de uma significativa contribuição para o processo ensino-aprendizagem na formação inicial de professores da subárea Física.

Os dados empíricos apresentados e analisados no decorrer deste texto foram coletados em diário de campo, caderno de registros, à luz de um roteiro sistematizado por Mion (2002). As análises desses dados apresentam-se fundamentadas por meio da teoria crítica em Educação, com especial atenção às obras de Henry Giroux (1986, 1997 e 2003), mas também são fundamentadas pelas obras *Espelhos e Máscaras* de Strauss (1999) e *Jamais Fomos Modernos* (LATOURE, 1994) e *Ciência em Ação* (LATOURE, 2000).

Quanto ao delineamento do texto, apresentaremos a seguir uma discussão teórica sobre a interface entre as implicações da relação CTSA e a teoria crítica em Educação. Em continuidade trazemos o desenvolvimento metodológico para a coleta dos dados, sustentada pela concepção de pesquisa investigação-ação educacional, de vertente emancipatória, à luz dos quatro momentos da espiral de ciclos em exponencial de origem lewiniana, que são planejamento, ação, observação e reflexão. Na continuidade do texto traremos alguns dados coletados e analisados acerca do planejamento didático de atividades educacionais no processo ensino-aprendizagem em Física.

No que diz respeito aos desdobramentos decorrentes dos resultados desse processo percebemos que é incontestável a necessidade de os cursos de licenciatura em Física incorporarem o compromisso de promover e sistematizar discussões problematizando no meio educacional certas implicações originárias das mudanças sócio-ambientais locais e globais. Entretanto, as condições sob as quais se apresenta uma significativa parcela das Escolas revelam-se como um importante obstáculo para o processo de formação inicial de professores de Física. Da mesma forma, se mostra significativo o fato de haver dificuldade dos envolvidos em vincular a problematização das implicações da relação CTSA de modo didático aos conteúdos da Física, mesmo tendo sido anteriormente levantadas e discutidas as suas concepções sobre tais implicações, bem como o estudo, a problematização e a discussão do conhecimento técnico da Física, atrelados a elas, mesmo

¹ Nesse programa os licenciandos desenvolvem suas atividades de estágio nos moldes de uma iniciação científica em ensino de Física.

tendo havido o estudo, a problematização e a discussão de questões de Ensino ligadas ao conhecimento da Física e sobre implicações da relação CTSA.

Assim, defendemos que a viabilidade da problematização das implicações da relação CTSA no processo ensino-aprendizagem da Física na formação inicial de professores de Física necessita ocorrer sustentada pela teoria crítica em Educação. Com isso, defendemos também que somente com a formação inicial de professores de Física realizada como um processo de construção de conhecimentos científicos e, portanto, envolvendo os participantes em um processo de conscientização, por meio da investigação das próprias práticas educacionais, obteremos prováveis êxitos no sentido de frear os danos ao meio ambiente e de rumarmos para o processo educativo que promoverá a Educação como prática da liberdade – freiriana. Isso, por sua vez, implica na produção de conhecimento científico-educacional novo.

A interface entre as Implicações da Relação CTSA e a Teoria Crítica em Educação

As recentes mudanças curriculares nos cursos de licenciatura no Brasil acontecem numa época em que a sociedade começa a se preocupar de modo mais acentuado com aspectos envolvendo mudanças climáticas no planeta (LATOURE, 1994). O fenômeno do aquecimento global está acontecendo, segundo especialistas integrantes ao Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*), em razão das ações antrópicas empreendidas ao longo dos séculos de expansões urbana, demográfica, industrial, pecuária, agrícola, na exploração de recursos minerais, de consumo de bens e serviços etc.

Essas ações humanas sobre o meio ambiente estão atreladas forte e historicamente a uma cultura de exploração predatória dos recursos naturais, tal qual ocorre em nosso país desde a sua colonização, chegando aos dias atuais (DE MEIS, 2000). Entretanto, a discussão das implicações das ações humanas sobre o ambiente tem ficado restrita para a população a partir daquilo que as pessoas acessam nos veículos de comunicação e informação de massa (DE MEIS, 2000). Deste modo, a possibilidade de formação de opinião crítica pela população tem sido afetada pelo contato que ela tem com informações unilaterais, carregadas de interesses individuais, sem o menor contato com diferentes visões sobre o mesmo assunto. E qual a participação efetiva da educação escolar formal, de modo a contribuir para a mudança desse processo?

A inserção da problematização das implicações da relação CTSA nos cursos de licenciatura em Física conduz a algo muito significativo – a contribuição para o processo de conscientização do professor quanto a sua função social (GIROUX, 1997), no que diz respeito às alterações sócio-ambientais empreendidas historicamente sobre aquilo que vem sendo amplamente difundido como “desenvolvimento” econômico e social e em nome do “progresso” e da “modernidade” (LATOURE, 1994 e 2000). No que diz respeito ao alcance à população, isso é estratégico, pois cada aprendiz de professor e de pesquisador em Ensino de Física trabalha com cerca de três dezenas de alunos adolescentes. Tal problematização contribui também, de modo não menos importante, com a necessidade urgente que todos temos de utilizar nossa racionalidade de modo a mudarmos o curso de nossas próprias ações (STRAUSS, 1999), a partir da mudança de hábitos tanto de consumo, quanto dos modos de transformação dos recursos naturais ainda disponíveis (DE MEIS, 1994).

A incorporação de uma racionalidade comunicativa na cultura da população, na acepção de Jürgen Habermas, deve implicar à responsabilidade desta sobre o ato de consumir e transformar bens (GIROUX, 2003). Nesse sentido, encontramos em Strauss (1999, p. 50) que: “Não mudamos necessariamente nossas mentes acerca de atos passados, mas nos é dado fazê-lo; alguns atos, supostamente importantes, podem ser reavaliados muitas e muitas vezes, à medida que obtemos novas orientações ou acontecem novos fatos”. Anselm Strauss nos provoca a pensar sobre a

necessidade que há de reavaliarmos nossas ações no planeta (a começar pelas nossas aulas de Física e pelas nossas atitudes nas diferentes instâncias sociais de que fazemos parte) e como será o curso da humanidade no futuro diante de fatos que estão sendo constatados e/ou comprovados pelos cientistas e levados ao conhecimento público da sociedade, sobre as rápidas variações ambientais – em especial as mudanças climáticas e as suas consequências. Aliado a isso, o recorte da obra de Strauss nos provoca também sobre a necessidade que temos de reavaliar o processo de formação inicial de professores em Física.

Deste modo, é preciso que criemos possibilidades de uma Educação em uma visão crítica na formação desses docentes, objetivando a inserção e incorporação da cultura científica e tecnológica pela população, viabilizada a partir do processo ensino-aprendizagem em Física, seja na formação inicial dos seus professores, seja no Ensino de Física. Assim, poderá haver uma contribuição efetiva em favor da atenuação dos problemas sócio-ambientais presentes e daqueles que alguns representantes da ciência já antevêm, de modo que tenhamos uma mudança significativamente positiva na qualidade de vida futura.

Giroux (2003, p. 19), ao relacionar o envolvimento da cultura a uma formação política e pedagógica diz que:

[...] a cultura tornou-se a força pedagógica por excelência, e sua função como uma condição educacional mais ampla para o aprendizado é crucial para a aplicação de formas de alfabetização dentro de diferentes esferas sociais e institucionais, pelas quais as pessoas definem a si mesmas a sua relação com o mundo social. A relação entre a cultura e a pedagogia, nesse caso, não pode ser abstraída da dinâmica central da política e do poder.

Compreendemos, a partir do que expõe Giroux (2003), que a formação pedagógica do sujeito está intrinsecamente atrelada à sua formação cultural. Neste caso, trazendo a discussão para o âmbito da formação inicial de professores de Física torna-se inegável a necessidade de uma visão de Educação crítica, como forma de viabilizar a conexão entre o ser humano individual e o mundo social (STRAUSS, 1999). Porém, a nós neste momento interessa algo mais fundamental em uma Educação crítica – a relação do ser humano com o mundo sócio-ambiental. É nessa relação entre *homem e mundo sócio-ambiental* que vemos a possibilidade de uma Educação crítica em favor da incorporação da cultura científica e tecnológica na cultura das pessoas envolvidas à Educação, de modo que o entendimento sobre ciência e sobre tecnologia não ocorra mais nos níveis de plena aceitação e do dogmatismo destas duas (PUCCI, 1995).

Nesse sentido, concordamos com Latour (1994), para o qual não se pode ignorar a íntima relação entre *humanos e não-humanos*. Mas não se pode negar que em nome da modernidade a sociedade faz a separação entre *humanos e não-humanos*. Nisso, vejamos o que expõe Bruno Latour: “a separação moderna entre o mundo natural e o mundo social tem o mesmo caráter constitucional, com o detalhe que, até o momento, ninguém se colocou em posição de estudar os políticos e os cientistas simetricamente” (LATOURE, 1994, p. 19).

Na busca por uma relação entre *homem e mundo sócio-ambiental*, compreendida a partir de um processo educacional, a teoria crítica, na visão de Pucci (1994, p. 48), “[...] trouxe preciosas contribuições na análise das relações entre o poder e a cultura na sociedade capitalista monopolista. Ao problematizar a cultura, ressaltou com vigor sua função legitimadora, dominadora”. Em continuidade, esse autor coloca que: “A formação, enquanto apropriação subjetiva da cultura historicamente em processo de constituição, só tem possibilidade de sobreviver através do pensamento crítico” (*op. cit.*, p. 49).

Assim, a formação de uma cultura científica e tecnológica, subsidiada pelo processo ensino-aprendizagem de Física, encontra fundamentos na teoria crítica, pois a tarefa básica desta,

segundo o mesmo autor, “em termos de educação política, se processa na iluminação/eliminação pelo esclarecimento dos aspectos sombrios e nebulosos do passado e no resgate de suas forças progressistas em direção à história, na perspectiva do futuro (*op. cit.*, p. 53).

Desse modo, a perspectiva futura das condições sócio-ambientais e da qualidade de vida em nosso planeta está intrinsecamente relacionada à educação científica e tecnológica da população. Mas qual modalidade de Educação é essa? Se: “Para o ingênuo, o importante é a acomodação a este hoje já normalizado. Para o crítico, a transformação permanente da realidade, para a permanente humanização dos homens” (FREIRE, 1983, p. 97). Este autor, ao tratar da relação homem-mundo, afirma que: “Nosso papel não é falar ao povo sobre a nossa visão do mundo, ou tentar impô-la a ele, mas dialogar com ele sobre a sua e a nossa” (*op. cit.*, p. 102).

A esse respeito, a ingenuidade amparada pela falta de diálogo fortalece a dimensão instrumental da ciência e da tecnologia, em detrimento de uma dimensão emancipatória da razão. No entendimento de Pucci (1995):

A ciência, a tecnologia, o conhecimento, sonhados pelos primeiros pensadores modernos como possibilidade de minorar os sofrimentos dos homens, de instrumentalizá-los para a criação de um novo mundo, vão perdendo cada vez mais seu potencial libertário. A razão emancipatória vai se tornando reprimida, ofuscada. Com o surgimento do capitalismo monopolista e seu desenvolvimento além dos limites europeus, com a intensificação colonialista, com as revoluções científicas contemporâneas, o predomínio da dimensão instrumental da Razão se torna onipresente. E a sociedade unidimensional, liberada pelos técnicos e pela ciência, se transformou em instrumento de produção e de dominação (PUCCI, 1995, p. 23).

Atrelado à citação anterior de Bruno Pucci, encontramos em Latour (1994) que o ano de 1989 se estabeleceu como um marco histórico – pela queda do muro de Berlim e a realização das primeiras conferências sobre aquecimento global da Terra, em Paris, Londres e Amsterdã. Para Latour (1994), esse marco:

[...] simboliza, para alguns observadores, o fim do capitalismo e de suas vãs esperanças de conquista ilimitada e de dominação total sobre a natureza. Ao tentar desviar a exploração do homem pelo homem para uma exploração da natureza pelo homem, o capitalismo multiplicou indefinidamente as duas. O recalcado retorna e retorna em dobro: as multidões que deveriam ser salvas da morte caem aos milhões na miséria; as naturezas que deveriam ser dominadas de forma absoluta nos dominam de forma igualmente global, ameaçando a todos. Estranha dialética esta que faz do escravo dominado o mestre e dono do homem, e que subitamente nos informa que inventamos os ecocídios e ao mesmo tempo as fomes em larga escala (LATOURE, 1994, p. 14).

Mas, como essas discussões podem apresentar ressonância nas práticas educacionais na Educação Básica? E mais, como elas ocorrem nas aulas de Física? Quais as condições oferecidas pelas escolas e pelos cursos de formação de professores para que isso ocorra? E, finalmente, como incorporar essas discussões em uma Educação científica e tecnológica? Responder a questionamentos dessa natureza implica na dimensão de estabelecer relações entre as abordagens teóricas e práticas acerca do processo ensino-aprendizagem de Física. Assim, Henry Giroux afirma que: “A teoria e a prática representam uma determinada aliança, não uma unidade na qual uma se

dissolve na outra [...] a teoria não pode se reduzir a ser percebida como soberana sobre a experiência, capacitada a fornecer receitas para a prática pedagógica” (GIROUX, 1986, p. 38).

Quanto à metodologia de trabalho

O procedimento de coleta de dados ocorreu pela análise crítica dos planos de aula e da rede conceitual, por meio da observação direta, na qual os dados foram registrados em um diário de campo em um caderno de anotações de modo sequencial e orientados por um roteiro proposto por Mion (2002). Ao todo, foram realizadas doze atividades educacionais em ensino de Física, no ano de 2006, sendo que dez delas foram definidas por sorteio com antecedência de cerca de um mês para a realização do planejamento. Este ocorreu colaborativamente entre os licenciandos e a professora da disciplina Estágio Curricular Supervisionado em Ensino de Física, bem como com a participação de alunos de pós-graduação que desenvolvem docência orientada com essa professora (uma das autoras deste trabalho) como forma de esses se potencializarem como aprendizes de professor e pesquisador.

No que se refere aos momentos metodológicos de construção, desenvolvimento e análise dessas atividades esses foram organizados por meio da espiral de ciclos de origem lewiniana (planejamento, ação, observação e reflexão), que sustenta a concepção do trabalho científico-educacional fundamentado pela investigação-ação educacional de vertente emancipatória. Para o planejamento a orientação foi a de que a aula fosse de cinquenta minutos, levando-se em conta algumas questões norteadoras que serão destacadas mais adiante no item 4 deste artigo. No que diz respeito à organização da ação, esta foi pensada para seguir os momentos pedagógicos propostos Angotti & Delizoicov (1992), sendo que nela haveria de se veicular um objeto técnico (ANGOTTI & MION, 2001), o qual permeasse a temática em foco naquela aula. Quanto à observação, esta ocorreria segundo um roteiro sistematizado², o qual permite perceber como são e se são desenvolvidos os conhecimentos técnicos da Física e aqueles pertinentes à Didática e à Prática de Ensino. A respeito da reflexão, o que se propôs foi fazê-la à luz das orientações recomendadas anteriormente e de modo que todos os participantes pudessem se pronunciar e contribuir no processo.

A construção, o desenvolvimento e a análise das atividades educacionais em Física

Dentre as doze atividades planejadas e desenvolvidas (contempladas em Física Clássica e Física Moderna e Contemporânea) trazemos para análise desta comunidade uma amostra de quatro delas, no contexto da temática “Problematização de Conceitos e Práticas: construção de atividade educacional”, da disciplina Estágio Curricular e Supervisionado em Ensino de Física. Objetivamos analisá-las com fundamentos a partir da investigação-ação educacional, em que a construção e a compreensão do ato educativo constituem a *práxis* do aprendiz de professor e pesquisador em ensino de Física. Isso é considerado por nós como conteúdo escolar na referida disciplina. E, é por isso que temos instrumentalizado nossos alunos a construir e incorporar os momentos de planejamento, ação, observação e reflexão, a saber, na sequência.

No **planejamento** (reestudo do conhecimento técnico da Física e da Didática da Física), iniciamos com um sorteio de temas da Física e a orientação de uma busca bibliográfica do

² Refere-se aqui ao roteiro proposto por Mion (2002), que inclui: “Conteúdo trabalhado; diferenças observadas nesta aula em relação às demais; atitudes de seus alunos durante a aula; aspectos que mais chamaram atenção em seus comportamentos; aproveitamento da aula pelos alunos; aspectos do conteúdo que pareceram mais interessantes aos alunos; principais dificuldades conceituais enfrentadas no andamento da aula; forma como o conteúdo foi desenvolvido; dificuldades apresentadas pelos alunos. Que modificações você faria nesta aula? O que deveria ser alterado ou, melhor trabalhado? (MION, 2002, p. 101-102).

conhecimento da Física referente a cada um desses temas. Em seguida, após estudarmos tais temas, instruímos os alunos do referido curso de licenciatura a “pensarem” sobre os mesmos guiados por questões como: *O que já se conhece sobre o tema? Qual é a relevância social dele? O que é preciso ensinar em uma disciplina de Física sobre o tema? (Fazer uma síntese dos principais conceitos relativos ao tema e que expliquem o mesmo) Quais as aplicações deste conhecimento? Qual o objeto técnico que você conhece e que no seu funcionamento e/ou fabricação envolve os conhecimentos do tema? Quais as implicações da relação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) que podem ser discutidas a partir do estudo do tema, no manuseio reflexivo do referido objeto?*

Quanto aos elementos constitutivos de um plano de aula nessa perspectiva, destacam-se os seguintes: *Cabeçalho; Data; Nome do Professor; Tema da Aula; Objetivo Geral; Objetivos Específicos; Cronologia; Procedimentos Metodológicos; Recursos Didáticos; Atividades: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento; Atividades Complementares e/ou Sugestão de Leitura; Avaliação e, Referências.*

Na **ação** – a aula de Física propriamente dita, cada aluno a desenvolveu sobre o tema da Física que lhe coube em sorteio, sendo que cada aula foi organizada seguindo os momentos pedagógicos de Angotti & Delizoicov (1992), que são *problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento*. Tais momentos consistem em uma reinvenção da ideia-chave de codificação-descodificação-recodificação em Freire (1983).

Na **observação**, que é o momento metodológico da investigação orientado por um roteiro, todos nós, participantes da aula, registramos informações. Ou seja, coletamos dados que nos informassem sobre as ações construídas e desenvolvidas. Nosso objetivo, como formadores de professor e pesquisador em ensino de Física, consiste, inclusive, em ensinar a esse aluno como fazer observações.

Na **reflexão**, que significa a reconstrução racional da história da própria prática educacional empreendida a partir dos dados registrados, efetuamos a interlocução entre os dados coletados e nossas teorias-guia. Em outras palavras, estudamos como cada aula se concretizou, fazendo aproximações e distanciamentos entre o planejado e o realizado, segundo tais teorias-guia. É um momento de construção colaborativa de interpretações, que possa resultar em conhecimento científico educacional. Ou seja, estudamos a nossa própria prática para construirmos interpretações sobre ela, mas também para gerar as mudanças no curso de nossas próprias ações (STRAUSS, 1999).

Atividade Educacional sobre o tema “Momento Angular”

Esta foi a primeira atividade realizada nesse conjunto, inclusive sob o propósito de orientar as subseqüentes, uma vez que nem todos os envolvidos tinham tido atividades dessa natureza na disciplina. Tal atividade foi subsidiada pela bicicleta, como objeto técnico. Durante a **problematização inicial** a discussão se fundamentou sobre a importância que tal objeto propicia à sociedade, pois apresenta relevância para transporte, trabalho e lazer. Como veículo de transporte ou de trabalho sua contribuição se destaca pela via da necessidade inadiável de redução na emissão dos gases-estufa na atmosfera, tendo esse objeto a capacidade de se fazer substituto a outros que emitem CO₂ (dióxido de carbono) decorrente da presença dos hidrocarbonetos – em destaque nos seus combustíveis fósseis, podendo, assim, ser a bicicleta um forte aliado na busca pela qualidade de vida da população, bem como potencialmente capaz de mudar hábitos pessoais e sociais. A respeito do uso e do funcionamento da bicicleta, questionou-se:

- Vocês conhecem este objeto?

- *Vocês utilizam esse objeto? Para quê?*
- *Quais as implicações que vocês apontariam se alguém de nós quisesse vir à Universidade de bicicleta?*
- *Quando a(s) roda(s) de uma bicicleta está(ão) desalinhada(s), isso produz alguma interferência no movimento?*
- *Como são ajustados os raios de uma bicicleta?*
- *Andando de bicicleta, por que é necessário inclinar o corpo nas curvas? Essa inclinação tem a ver com quê? Por que as pistas de ciclismo são inclinadas, principalmente nas curvas? (GRAVAÇÃO EM ÁUDIO, 21 junho 2006).*

No que diz respeito à **organização do conhecimento**, a sistematização dos conhecimentos físicos a partir da bicicleta se pautou em estabelecer uma rede conceitual envolvendo tal tema. Essa rede foi projetada via relações conceituais acerca do princípio de conservação do momento angular. Nesse sentido, os conceitos de momento angular, momento de inércia e torque foram explorados a partir das suas inter-relações, bem como das relações com outros conceitos, como velocidade e aceleração angulares, força e quantidade de momento linear.

Sobre a **aplicação do conhecimento** recorreremos novamente à bicicleta, de modo a concretizar uma rede conceitual plausível. Os esforços empenhados objetivavam, ainda, incluir o estudo das implicações da relação CTSA atreladas à fabricação, funcionamento e utilização de tal objeto técnico, o que parece ter sido possibilitado na inter-relação deste momento da aula com os seus momentos anteriores.

Atividade Educacional sobre o tema “Interferência e Difração da Luz”

Para esta atividade o CD-ROM foi o objeto técnico destinado à problematização dos conceitos envolvidos ao tema. A **problematização inicial** ocorreu a partir das seguintes questões:

- *Vocês conhecem este objeto (CD-ROM)?*
- *Para que utilizamos esse objeto?*
- *Para produzir a decomposição da branca em várias cores (frequências) Newton utilizou um prisma, que desvia em diferentes ângulos cada cor (comprimento de onda), ou seja, vemos o espectro da luz branca. Quando incidimos um feixe de luz branca em um CD-ROM também verificamos o espectro da luz branca obtido mediante o prisma. No prisma sabemos que essa decomposição ocorre devido aos fenômenos de refração da luz. E no CD-ROM ocorre o mesmo fenômeno físico? (GRAVAÇÃO EM ÁUDIO, 30 agosto 2006)*

A **organização do conhecimento** ocorreu por meio da sistematização dos conhecimentos físicos acerca do conceito de interferência; difração; interferência construtiva e interferência destrutiva; difrações de fenda única, dupla fenda (de Young) e múltiplas fendas (rede de difração). Também foram explicados tais fenômenos utilizando representações computacionais.

Quanto à **aplicação do conhecimento** recorreu-se ao CD-R. O aprendiz de professor e pesquisador responsável pela aula procurou neste momento discutir sobre o CD-R como uma rede difração, explicando a estrutura desse objeto e como ele é fabricado e funciona. Demonstrou e explicou o espectro de difração em um CD-R ao receber luz branca. Fez uma atividade teórico-experimental demonstrando e explicando uma figura de difração a partir da incidência de um feixe laser no CD-R. Empreendeu esforços objetivando gerar discussões acerca das implicações da relação CTSA, com o foco às aplicações científico-tecnológicas que já existem utilizando os fenômenos de difração e interferência.

Atividade Educacional sobre o tema “Radiação do Corpo Negro”

Para esta atividade a lâmpada de um abajur foi o objeto técnico destinado à problematização dos conceitos envolvidos ao tema. A **problematização inicial** ocorreu a partir das seguintes questões:

- *Todos conhecem este objeto (abajur)?*
- *Para que serve este objeto?*
- *Dentro deste objeto existe uma lâmpada – por que as lâmpadas emitem luz?*
- *Qual parte da lâmpada emite luz? (GRAVAÇÃO EM ÁUDIO, 19 setembro 2006)*

A **organização do conhecimento** ocorreu por meio da sistematização dos conhecimentos físicos acerca do conceito de radiação térmica, emissividade, teoria do corpo negro, lei de Stephan-Boltzmann e temperatura de cor. A utilização de gráficos “Potência Irradiada x Frequência” e “Potência Irradiada x Temperatura” subsidiou relações físicas importantes.

Quanto à **aplicação do conhecimento** recorreu-se à lâmpada incandescente (presente no interior do abajur). O aprendiz de professor e pesquisador que ministrou esta aula procurou nesse momento discutir a radiação térmica a partir da referida lâmpada, quanto a sua emissividade. Assim, ele empreendeu esforços objetivando gerar discussões acerca das implicações da relação CTSA fundamentadas no referido objeto técnico, fazendo correlações quanto à emissividade de radiação térmica na formação de “imagens” por satélites a partir de níveis de emissividade provenientes da superfície terrestre.

Atividade Educacional sobre o tema “Propriedades Eletromagnéticas da Matéria”

Nesta atividade, como nas demais, seu planejamento foi elaborado colaborativamente. O fenômeno do raio (descarga elétrica natural) se mostrou como adequado a sustentar a problematização da aula. O aprendiz de professor e pesquisador lançou as seguintes indagações:

- *O fenômeno que vemos aqui (um raio) sustenta alguma discussão para o tema em questão?*
- *Diferentes meios materiais comportam-se distintamente quando são sujeitos a campos magnéticos?*
- *Sob que influências de natureza eletromagnética esses meios estão sujeitos?*
- *Que esforços os cientistas têm empregado objetivando novas compreensões no campo da Supercondutividade?*
- *Que implicações o emprego em larga escala das técnicas oriundas do campo da Supercondutividade poderão ser oferecidos à humanidade? (GRAVAÇÃO EM ÁUDIO, 20 setembro de 2009)*

Durante a **organização do conhecimento** foram abordados os conhecimentos mais relevantes sobre as propriedades eletromagnéticas, começando com alguns eventos históricos envolvendo o magnetismo, o eletromagnetismo, chegando-se à supercondutividade. Para este último foi dado destaque à experiência de Kammerling Onnes (1911), demonstrando-se o gráfico produzido por Onnes na relação Resistência Elétrica (Ω) x Temperatura (K) na ocorrência do desaparecimento aparente da Resistência do Hg (altamente purificado) a 4,2 K; bem como as temperaturas de transição para o háfnio e o chumbo, por exemplo; campo magnético crítico e levitação magnética. Partiu, então, para as questões de viabilidade à supercondutividade, com ênfase ao desenvolvimento teórico e experimental da supercondutividade da década de 1920 até os anos mais recentes.

Como **aplicação do conhecimento**, o que se fez foi lançar uma constatação e inferir outras questões que envolvem as implicações da relação CTSA, a saber:

- *Os supercondutores permitirão que o uso da energia seja mais – ou muito mais – eficiente? Afinal, por que não discutimos ineficiência energética?*
- *Os supercondutores “permitirão” que informações sejam transmitidas com mais velocidade e resolução?*
- *Haverá um dia a possibilidade de “superconduzir” à temperatura ambiente?*
(GRAVAÇÃO EM ÁUDIO, GRAVAÇÃO EM ÁUDIO, 20 setembro de 2009)

Análises dos dados das atividades

A partir do que se pôde observar mediante o registro sistematizado dos dados pela via do roteiro citado anteriormente e também por meio dos quatro momentos da espiral em exponencial de ciclos que compõe o método científico da investigação-ação educacional de vertente emancipatória (a qual ensinamos a eles e aprendemos com eles), alguns pontos se destacam acerca do conjunto de atividades desenvolvidas, conforme se apresentam os registros realizados em Diário de Campo, a seguir.

Nos registros a seguir são apresentados trechos que refletem a importância da inserção de objetos técnicos e do manuseio reflexivo dos mesmos em favor do diálogo. Entretanto, alguns obstáculos são enfrentados. Vejamos:

- A aula de hoje diferenciou-se de todas as anteriores por ter proporcionado em seu planejamento e efetivado na ação o desenvolvimento de uma atividade com um objeto técnico – a bicicleta. Mais que isso, o que evidenciou hoje foi o fato de os discentes nunca terem tido uma atividade educacional em Física com o manuseio reflexivo de um objeto de uso cotidiano de alguns deles e de muitas outras pessoas da comunidade local.
- Os alunos puderam, a partir desse objeto técnico, manipular, inferindo comentários acerca do mesmo, inclusive alguns deles andaram na bicicleta. E, também questionaram sobre elementos do objeto técnico quanto ao seu funcionamento.
- O fato de se interessarem, alguns ainda que timidamente, a ponto de tocarem, manipularem, operarem ... o objeto técnico, também chamou a atenção para o fato de que alguns dos alunos usam ou não usam a bicicleta para se locomoverem até a Universidade.
[...]
- O conteúdo foi desenvolvido com exposição do conteúdo a partir do manuseio do objeto, permitindo o diálogo por meio da problematização sobre a “bicicleta” (DIÁRIO DE CAMPO, 21 junho 2006).

Alguns envolvidos apresentaram dificuldades em perceber as aplicações da relação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente tendo como ponto de partida o conhecimento técnico da Física a ser ensinado, como por exemplo no registro a seguir:

- As dificuldades mais evidentes se situaram acerca dos conceitos envolvidos no funcionamento da bicicleta – mas não foram em grande número. Entretanto, quase nada se pode evidenciar quanto à fabricação desse objeto técnico, pois pouco os alunos questionaram e pouco foi colocado pelo professor. Além disso, notei que pouco se relaciona o uso da bicicleta com as contribuições que isso gera para situações como: o combate

à obesidade, a redução na emissão de CO₂, a diminuição de acidentes de trânsito. Entretanto, isto depende de políticas públicas como a reurbanização das vias de rolamento com a implantação de ciclovias, devidamente construídas e sinalizadas (DIÁRIO DE CAMPO, 21 junho 2006).

Algo similar a essa dificuldade foi explicitada na discussão do tema Interferência e Difração, a exemplo da dificuldade em expressar no plano de aula e na aula quais eram as possíveis implicações, como se percebe a partir da descrição feita no item 4.2, anterior (Problematização Inicial), mas isso se perpetua passando pela Organização do Conhecimento e pela Aplicação do Conhecimento, como se pode ver a seguir no trecho.

Em nenhum dos três momentos da aula se evidenciou uma preocupação com as implicações da relação CTSA. Somente na aplicação do conhecimento a autora faz uma pequena tentativa nesse sentido, quando assim coloca no plano de aula: “4) *Diante do estudado, quais as implicações científico-tecnológicas que já existem utilizando os fenômenos de difração e interferência*” (DIÁRIO DE CAMPO, 30 agosto 2006).

Sem dúvida, o trabalho no desvelamento de objetos técnicos no processo de transformação destes em equipamentos geradores (DE BASTOS, 1995) favorece problematizações e discussões das implicações da relação CTSA. Isso até parece óbvio; no entanto, no processo de formação inicial de professores temos percebido que isso precisa ser instigado.

O conhecimento em Física que foi visto por alguns dos envolvidos até aquele momento, pode não ter sido suficiente, o que não lhes permitiu enxergar com clareza os objetos técnicos como produtos da Ciência e Tecnologia (C&T). Ou seja, não lhes permitia visualizar que o objeto está incorporado à C&T. Portanto, isso implica também em não perceberem claramente que tal produto, uma vez no mercado, transforma o ambiente e a sociedade (GIROUX, 1986, 1997 e 2003; LATOUR, 1994 e 2000; PUCCI, 1995).

Nesse sentido, observemos o seguinte registro:

Ao explorar os conceitos de emissividade e lei de Stefan-Boltzmann, a partir do funcionamento da lâmpada incandescente, muito mais poderia ser explorado sobre implicações da relação CTSA. Questões como a eficiência da energia radiante em razão da cor da superfície exposta poderiam ser suscitadas, pois é indiscutível a importância do melhor aproveitamento da energia térmica natural ou artificial (DIÁRIO DE CAMPO, 19 setembro 2006).

Alguns envolvidos constatarem em suas observações e na reflexão coletiva, após cada aula ministrada, que tiveram dificuldade em incorporar os conhecimentos técnicos da Física, da Didática e da Prática de Ensino, o que refletiu nas suas atuações nas atividades em que se responsabilizaram fazer.

Na avaliação coletiva das atividades de hoje (20/09/2009) se repetiu o ocorrido ontem (19/09/2009): a afirmação da qualidade da atividade desenvolvida, assumindo a ideia de que o apoio incondicional é o que pode fazer de melhor ao colega, futuro professor, sendo que o que há de construtivo na avaliação da atividade desenvolvida inclui, dentre outras coisas, apresentar os pontos frágeis da atividade desenvolvida, de modo que a atividade seguinte seja melhor (DIÁRIO DE CAMPO, 20 setembro de 2006).

A importância de se problematizar os temas da Física só aparece quando são gerados resultados na prática educacional, pelo fato de as pessoas envolvidas a ela estarem abertas a *admirar* o mundo e a sua condição existencial nele (FREIRE, 1983), mas também pelo fato de essas pessoas *admirarem* e problematizarem as implicações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente de modo a reavaliarem e influenciarem positivamente na mudança do curso da sua própria ação (STRAUSS, 1999), se pode permitir mudanças significativas na relação entre humanos e não-humanos no ambiente (LATOUR, 1994 e 2000). E, isto aparece como uma dificuldade quando se deseja que os temas elencados na Física sejam problematizados de modo a se potencializar as práticas educacionais objetivando a incorporação da cultura científica e tecnológica (GIROUX, 2003).

Conclusões

O desenvolvimento de atividades que levam em conta um especial interesse acerca das possibilidades (presentes e necessárias) de problematização das implicações da relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente precisa advir de um interesse à efetiva incorporação da cultura científica e tecnológica por aqueles que participam dessa ação – os sujeitos do ato educativo. Deste modo, a elaboração de atividades práticas e teórico-experimentais demonstra configurar uma contribuição muito significativa em favor da formação de uma cultura pela população, sustentada pelo conhecimento científico e tecnológico, mas estruturada durante o processo de escolarização dessa população.

Isso deve ocorrer ao mesmo tempo em que esses sujeitos combatem juntos e com veemência o senso comum, tão enraizado e estimulado nas escolas nesses tempos ditos modernos – mas de aquecimento global (LATOUR, 1994). Nesse sentido, os cursos de formação inicial de professores de Física necessitam rever o emprego de currículos que estão inapropriados à formação de uma cultura científica e tecnológica, como forma de se lutar contra mecanismos de opressão (FREIRE, 1983), ao passo que a incorporação de discussões envolvendo a relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente necessita ser cada vez mais internalizada e estimulada nos currículos desses cursos, com a vinculação dos conteúdos da Física a preocupações sócio-ambientais.

Um fator indispensável para a formação inicial de professores de Física (quanto à docência e à pesquisa em ensino de Física) diz respeito às condições oferecidas pelas escolas onde os licenciandos desenvolverão suas atividades, de modo a se atenuar fatores de resistência educacional (GIROUX, 1986 e 1997), que a nosso ver influenciam no curso da ação (STRAUSS, 1999), tanto no desempenho de atividades docentes, quanto na sua profissionalização na Educação.

Enfim, a problematização das implicações da relação CTSA torna-se viável no interior do processo ensino-aprendizagem da Física, quando a formação inicial de professores de Física ocorrer embasada pela teoria crítica em Educação, pois somente a formação inicial de professores de Física realizada como um processo de construção de conhecimentos científico-educacionais, no envolvimento dos participantes em um processo de conscientização, iluminados pela prática de investigarem suas próprias práticas educacionais, lhes instrumentalizará em favor do combate aos danos sócio-ambientais.

Referências

ANGOTTI, J. A. P. & DELIZOICOV, D. (1992). *Física*. São Paulo: Cortez.

- ANGOTTI, J. A. P. & MION, R. A. (2001). Equipamentos Geradores e a Formação de Professores de Física. In: *Prática de Ensino de Física*. ANGOTTI, J.A.P.; REZENDE JUNIOR, M. F. (Orgs.). Florianópolis, Laboratório de Ensino de Física à Distância. p. 91-116.
- DE MEIS, L. (2000). *Ciência, Educação e o Conflito Humano-Tecnológico*. São Paulo: Editora Senac.
- DE BASTOS, F. P. (1995). *Pesquisa-Ação Emancipatória e Prática Educacional Dialógica em Ciências Naturais*. Tese (Doutorado em Educação) – FE-USP, São Paulo.
- FREIRE, P. (1983). *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- GIROUX, H. (1986). *Teoria Crítica e Resistência em Educação: para além das teorias de reprodução*. Trad.: Ângela Maria B. Baggio. Petrópolis: Vozes.
- _____. (1997). *Os Professores como Intelectuais: rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem*. Trad.: Daniel Bueno. Porto Alegre: Artmed.
- _____. (2003). *Atos Impuros: a prática política dos estudos sociais*. Trad.: Ronaldo Cataldo Costa. Porto Alegre: Artmed.
- LATOURETTE, B. (1994). *Jamais Fomos Modernos*. Trad.: Carlos Irineu da Costa. Rio de Janeiro: Ed. 34.
- _____. (2000). *Ciência em Ação*. Trad.: Ivone C. Benedetti. São Paulo: Ed. Unesp.
- MION, R. A. (2002). *Investigação-Ação e a Formação de Professores em Física: o papel da intenção na produção do conhecimento crítico*. 238 f.. Tese (Doutorado em Educação) – CED-UFSC, Florianópolis.
- PUCCI, B. (1994). Teoria Crítica e Educação. In: B. Pucci (Org.). *Teoria Crítica e Educação: a questão da formação cultural na Escola de Frankfurt*. (pp. 11-58). Petrópolis: Vozes.
- STRAUSS, A. (1999). *Espelhos e Máscaras*. Trad.: Geraldo Gerson de Souza. São Paulo: EDUSP.

Recebido em: 17/11/08

Aceito em: 08/09/09