

ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E CTS NUMA ILHA DE RACIONALIDADE SOBRE CONSUMO CONSCIENTE DE ENERGIA ELÉTRICA

SCIENCE AND TECHNOLOGY LITERACY AND STS AN RATIONALITY ISLAND ON ELECTRIC POWER CONSCIOUS CONSUMPTION

Resumo

Neste trabalho reunimos resultados de uma pesquisa desenvolvida numa turma de Ensino Médio na qual refletimos sobre o consumo consciente de energia elétrica na construção de uma ilha de racionalidade sob enfoque CTS. Analisamos as metas da alfabetização científica de Fourez e os objetivos da educação CTS manifestados pelos sujeitos participantes. Registramos a pesquisa em diferentes instrumentos. Observamos incrementos na capacidade de comunicação dos sujeitos empenhados em reduzir do consumo de energia elétrica. Eles também aprenderam que há um forte jogo de interesses políticos, econômicos, ambientais e sociais na produção de bens de consumo que utilizam eletricidade como fonte de energia e adquiriram domínio e responsabilidade ao assumirem uma visão de confiança em relação às atitudes tomadas para a utilização consciente de energia. Os resultados mostram que é preciso insistir em propostas pedagógicas que promovem vínculos entre disciplinas escolares e ações cotidianas.

Palavras-chave: Ensino de Ciências; CTS; Ilha de racionalidade; Consumo de energia elétrica.

Abstract

In this paper we collect results of a search conducted in a High School class in which we reflect on the electric power conscious consumption of an interdisciplinary rationality island with STS approach. We analyze the attributes of science literacy and the aims of STS education expressed by students. We recorded the research in different instruments. We observed increases in communication skills of the students that committed to reduce the electric power consumption. They also learned that there is a political, economic, environmental and social strong set in the goods that use electricity as source and acquired ownership and responsibility to take a confidence vision regarding the attitudes of the energy uses. The results show that we must insist on proposals that promote educational ties between school disciplines and everyday actions.

Key words: Science Education; STS; Rationality Island; Electric power consumption.

Introdução

As pesquisas em educação em ciências têm dado corpo a propostas dispostas a modificar bases epistemológicas e metodológicas dos processos pedagógicos vivenciados em sala de aula (DELIZOICOV, 2004; MEGID NETO, 2007; NARDI, 2005). Segundo as atuais tendências, ensinamos ciências não apenas para a aprendizagem em ciência e tecnologia (C&T), mas também para clarificar o potencial criativo, social e cívico dos aprendizes.

Assim, a *alfabetização científica* se apresenta como parte essencial de uma educação básica e geral diante da necessidade de se colocar os saberes científicos ao alcance de todas as pessoas e formar indivíduos para a participação social e exercício da cidadania (ACEVEDO DÍAZ, 2004). Essa perspectiva ou visão que questiona a fragmentação do conhecimento é assumida por Fourez (1997) com o lema de “alfabetização científica e técnica” (ACT) a qual fundamenta para o ensino de ciências uma experiência pedagógica denominada *ilha interdisciplinar de racionalidade* (IIR). Nela é possível desenvolver mediante *negociação* capacidades como *autonomia*, *domínio* e *comunicação*, além de outros aspectos relevantes, tais como interdisciplinaridade, tomada de decisão e responsabilidade social.

As IIRs são representações teóricas de um contexto e permitem a utilização e integração de diversas áreas do conhecimento. Várias pesquisas brasileiras nortearam o planejamento, construção e análise da nossa investigação (BETTANIN, 2001, 2003; DUARTE et al., 2009; SANTOS; CORREIA, 2009; SCHMITZ, 2001; PIETROCOLA; PINHO-ALVES; PINHEIRO, 2003; PINHO-ALVES; SOUZA, 2009; RICHETTI; JACQUES; PINHO-ALVES, 2007; SCHMITZ; PINHO-ALVES, 2004, 2005; SOUSA, 2007).

Neste trabalho reunimos os resultados de um estudo desenvolvido numa turma de 3º ano do Ensino Médio. A questão central de nossa pesquisa foi *que elementos condicionantes da ACT de Fourez e da educação CTS alunos da EJA manifestam na construção de uma IIR sobre consumo consciente de energia elétrica?*. A investigação teve como interface analítica atributos da ACT discutidos por Bettanin (2003) e objetivos da educação CTS articulados com o discurso dos participantes registrado por meio de um diário de bordo (DB) e nos trabalhos finais produzidos. Portanto, também tencionamos avaliar vínculos observados entre a ACT de Fourez e a perspectiva que explora as relações CTS subjacentes ao tema, qual seja, o consumo consciente de energia elétrica.

O modelo de Fourez: as Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade

Para a pesquisa em educação em ciências, a perspectiva que privilegia a especialização e os especialistas, discussões abstratas de processos pedagógicos centrados nos professores, exposição de informações isoladas e desvinculadas da realidade, enfim, a fragmentação do conhecimento, tem sido contestada em prol de novas propostas de formação, especialmente as que enfatizam a cidadania, a interdisciplinaridade e a contextualização.

Historicamente, a estrutura dos cursos científicos e suas disciplinas refletem as necessidades do contexto em que se construíram. Partindo desse princípio, Fourez afirma que a evolução do pensamento científico moderno tomou dois caminhos: o da *ciência pura* e o da *ciência como arte*. O primeiro deu bases para a organização clássica do currículo em disciplinas isoladas. O segundo respeitou a complexidade presente em situações concretas enfrentadas pelos cientistas e voltou-se para a capacidade de integração de várias dimensões do conhecimento.

Nesse sentido, a escola deveria privilegiar, em seus procedimentos pedagógicos, a criação de modelos teóricos contextualizados sob o ponto de vista da ciência como arte e a construção de aproximações interdisciplinares através das quais os conhecimentos disponíveis são submetidos a projetos de ação sobre o mundo. Nas palavras de Fourez, as aproximações interdisciplinares *levam a produzir uma representação teórica apropriada numa situação precisa e em função de um projeto determinado* (FOUREZ, 1997, p.107, grifos nossos).

Sob esse prisma, Fourez propõe a adoção de *ilhas interdisciplinares de racionalidade* que compreendem uma construção mental ou simbólica que pode tomar o lugar de uma realidade. Outrossim, *uma representação teórica apropriada a um contexto e a um projeto que se tem em vista e permite comunicar-se e atuar em relação ao mesmo* (FOUREZ, 1997, p.69).

Para a construção das IIRs, a *equipe* à frente dos trabalhos de pesquisa define seus *produtores*, a *situação* que se deseja resolver, os *propósitos* vinculados a tal situação e os *destinatários* para os quais a modelagem será criada. Em sala de aula, os produtores são basicamente estudantes e professores. Eles decidem o rumo e o ritmo do trabalho.

Segundo Fourez, numa IIR *é o projeto o que permite, pois, fechar o corpo de conhecimentos para terminar a empreitada* (FOUREZ, 1997, p.107-108, grifo nosso). Os conteúdos não são selecionados previamente, mas dependem do contexto e das finalidades do projeto, o que a torna uma forma de organização do currículo escolar. Como afirmou Schmitz (2001, p.10), *o que se pretende é que as disciplinas se submetam a um projeto que elas não criaram, e não se sabe a priori qual poderá ser a colaboração de cada disciplina*.

Numa IIR sempre surgem questões pertencentes à determinada área de conhecimento que podem ser respondidas. São as **caixas-pretas** (CPs) que pressupõem *uma representação de uma parte do mundo, que se aceita em sua globalidade sem considerar útil examinar os mecanismos de seu funcionamento* (FOUREZ, 1997, p.65). Uma CP aberta fornece modelos para gerar explicações dos fatos investigados. As CPs evidenciam o caráter interdisciplinar da IIR e a quantidade de CPs depende do projeto (pois teoricamente esse número é infinito), sendo que os participantes decidem quando e como abri-las. Assim, trabalhar através de projetos significa necessariamente investigar, abrir ou abandonar CPs.

As IIRs podem ser organizadas segundo etapas nas quais as tarefas da equipe são delimitadas. Fourez esclarece que as etapas *são pistas metodológicas, não para serem seguidas ao pé da letra, mas para serem adaptadas e modificadas de acordo com as particularidades do 'terreno'* (FOUREZ, 1997, p.103). As etapas objetivam assegurar que o trabalho não se torne abrangente demais, a ponto de não se chegar ao final.

Citamos as 8 etapas para efeito de descrição: (1) Fazer um “clichê” da situação em estudo; (2) O panorama espontâneo; (3) Consulta de especialistas e especialidades; (4) Descendo sobre o terreno; (5) Abertura aprofundada de uma ou outra caixa-preta e descoberta dos “princípios disciplinares” que sustentam uma tecnologia; (6) Esquematização global da tecnologia; (7) Abrir certas caixas-pretas sem a ajuda de especialistas; (8) Síntese da ilha produzida.

Schmitz e Pinho-Alves (2004) referem-se a mais uma etapa, a *Etapa zero*, na qual a situação problema é eleita levando em conta o contexto, a finalidade do projeto, os destinatários, o tipo de produto a ser elaborado e o tempo disponível para as atividades. Ela abarca o planejamento de ensino partindo-se da realidade dos estudantes e da elaboração de um plano de ação para a IIR contendo seus objetivos, recursos, avaliação, conteúdos e procedimentos.

Ilhas de racionalidade, ACT e CTS: diálogos possíveis

Fourez utiliza uma série de critérios para determinar sua proposta para uma efetiva ACT. Ele considera que a ACT é uma metáfora, uma expressão que *designa um tipo de saber, de capacidades ou de competências, que, em nosso mundo técnico-científico, corresponderia ao que foi a alfabetização no século passado* (FOUREZ, 1997, p.16). Ela surgiu da necessidade dos indivíduos desenvolverem certa familiaridade com a C&T, uma ferramenta através da qual se articulam conhecimentos disciplinares necessários ao enfoque de contextos concretos.

Para o autor, a ACT é um modo de lidar com questões interdisciplinares por meio de projetos. Nessa perspectiva, o ensino de ciências serve para mostrar que as ciências são uma forma de compreensão do mundo, não verdades em si mesmas. Alfabetizar tecno-cientificamente não significa ensinar ciências humanas no lugar de fenômenos científicos, mas, antes, que *as teorias e modelos científicos não serão bem compreendidos se não se sabe por que, em vista de que e para que foram inventados* (FOUREZ, 1997, p.81).

A ACT deve fornecer conhecimentos para que os cidadãos entendam melhor situações naturais/sociais envolvendo C&T e saibam tomar decisões frente a elas. Para Fourez (1997, p.62, grifos do autor) um indivíduo está alfabetizado científica e tecnologicamente *quando seus saberes permitem uma certa autonomia (...), uma certa capacidade de comunicação (...)* e um certo *domínio e responsabilidade frente a situações concretas*.

A base desses objetivos é a *negociação*, uma atitude de busca de soluções para problemas que um indivíduo manifesta em situações sociais/naturais para evitar um comportamento autômato. Em vez de receber uma norma ou informação passivamente, uma pessoa alfabetizada cientificamente negocia criticamente com tais códigos e toma suas decisões sem precisar seguir receitas. Este indivíduo age com autonomia em relação ao conhecimento disponível sem depender completa e cegamente das opiniões de um especialista, consegue desenvolver a capacidade de comunicação, sabendo a linguagem do grupo com o qual dialoga e que teorias podem ser construídas através dessa linguagem, manifesta certo domínio diante de situações problemáticas e é capaz de agir com responsabilidade diante delas.

A educação científica pautada nessas metas, portanto, auxilia o estudante a negociar conscientemente nas situações de sua realidade. Bettanin (2003) analisou algumas habilidades referentes a cada um dos objetivos da ACT, organizadas por Richetti, Jacques e Pinho-Alves (2007), que apresentamos no **Quadro 1** a seguir.

OBJETIVOS PEDAGÓGICOS	HABILIDADES
AUTONOMIA	Tomar decisões razoáveis e racionais frente a uma série de situações-problema; Não ficar totalmente dependente de receitas prontas. Escapar ao funcionamento por receitas; Estabelecer uma relação mais igualitária com os especialistas; Buscar informações sobre a situação antes de tomar decisões.
COMUNICAÇÃO	Saber dialogar no grupo e também com os especialistas; Ter segurança nas colocações; Defender com argumentos as suas colocações; Ter capacidade de persuasão.
DOMÍNIO	Conhecer para decidir; Segurança nas decisões; Domínio do conhecimento pode ser observado durante a colocação de idéias; Coerência ao relacionar conhecimento e situação-problema; Poder de argumentação.

Quadro 1: Objetivos da ACT e suas habilidades. Fonte: Richetti, Jacques e Pinho-Alves (2007).

Alguns autores afirmam que para o alcance dessas metas a ACT deve ser combinada ao ensino CTS, o que habilitaria a ciência escolar como *formadora de cientistas e de cidadãos responsáveis* (ACEVEDO DÍAZ, 2004; AIKENHEAD, 2003; BARROS, 1988). No entanto, Fourez (1997) dissocia as propostas quanto à natureza e finalidades, afirmando que o movimento CTS problematiza os vínculos entre os pólos ciência, tecnologia e sociedade, o que leva ao questionamento do “lugar” das ciências e tecnologias no contexto social, aspecto este que as IIR não pretendem assumi-lo, ao menos explicitamente.

Todavia, para Santos (1999) a ênfase em um dos elementos do “trinômio CTS” gerou diferentes respostas curriculares na evolução do movimento CTS. Ela cita que as direções “aprender ciência e *sobre* ciência como empreendimento social” ou “fomentar a *consciência tecnológica* através de conteúdos científicos integradores da tecnologia” foram algumas das respostas curriculares com destaque no “C”. De outra forma, “aprender *ciência em contexto*”, ou “valorização das práticas e do conhecimento prático” se originaram da ênfase no “T”. E finalmente, “educação do consumidor” ou “alfabetização científica e tecnológica” foram algumas das direções de sentido CTS cuja ênfase está no “S”.

Em suma, estamos convictos da existência de vínculos entre ACT e a perspectiva CTS na educação em ciências, hipótese que tencionamos analisar na discussão dos resultados da IIR. A proposta defendida por Fourez (1997) pede uma mudança na atual educação científica, isto é, ao invés da escola desenvolver um currículo científico voltado para a apresentação de conteúdos estruturados em paradigmas particulares, seria mais adequado adotar o trabalho orientado por projetos, capaz de envolver conhecimentos de diferentes áreas e saberes populares para o desenvolvimento de valores e a prática da cidadania. Entendemos que as IIR, como práticas pedagógicas fundamentadas em princípios do ensino CTS, constituem uma alternativa em que essas finalidades podem ser alcançadas.

Caminho Metodológico

Nossa pesquisa abrangeu a observação e *análise qualitativa* de aulas nas quais uma IIR foi construída durante um bimestre letivo de 2010 numa escola pública. O professor que orientou a IIR é um dos autores deste artigo. O estudo se caracterizou como *pesquisa-ação*, pois as observações realizadas influenciaram as ações pedagógicas tomadas no contexto.

Os 28 estudantes de uma turma de 3ª ano do Ensino Médio de uma escola pública foram convidados a responder a questão proposta: *o que precisamos saber para consumirmos energia elétrica de forma racional?* Ao todo 8 aulas foram utilizadas para a conclusão da IIR. O tempo de desenvolvimento da experiência foi negociado com os educandos e equivaleu ao primeiro bimestre do ano letivo de 2010. O professor também negociou com os estudantes elementos da situação problema, procedimento previsto por Schmitz e Pinho-Alves (2004) que compreende o recorte do projeto, a elaboração do plano das aulas, os objetivos da IIR e os instrumentos de avaliação, além do produto final a ser elaborado.

As discussões que ocorreram nas aulas, assim como algumas falas dos estudantes, foram registradas pelo docente no *diário de bordo* (DB), servindo de material para análise juntamente com os trabalhos dos estudantes, os quais avaliamos mediante análise de conteúdo (BARDIN, 2010). A equipe realizou a elaboração do clichê, o panorama espontâneo, a consulta aos especialistas, a abertura de caixas-pretas (CP) com e sem ajuda de especialistas, a esquematização global e a síntese. Como produto final, elaborou um relatório escrito (RE) contendo medidas eficazes contra o desperdício de energia elétrica.

A turma foi organizada em 5 subgrupos, onde em cada um seria selecionado um estudante “cobaia” para a redução do consumo de energia elétrica da residência dele. Deveriam, portanto, fazer um estudo analisando a rotina de utilização de aparelhos elétricos, os comportamentos dos moradores e propor ações para a diminuição da conta de luz naquela residência, lançando mão de conteúdos aprendidos em sala de aula sob perspectivas diferentes (científica, cultural, econômica, social, ambiental, etc). O docente também pediu que os subgrupos entregassem uma cópia da fatura do mês da casa da “cobaia” antes do início da intervenção dos alunos, para que fosse comparada com a apresentada ao término da IIR.

Diversos conceitos foram estudados na abertura aprofundada das CPs que se deu com o auxílio de professores da instituição de ensino em que a experiência ocorreu. Os estudantes realizaram entrevistas com os especialistas – internos à escola –, além de abrirem CPs de maneira autônoma em investigações na *internet*. A turma realizou a pesquisa majoritariamente no ambiente da escola e em suas residências. Conceitos referentes às disciplinas Física, Biologia, História e Geografia foram trabalhados pelos docentes das matérias citadas, reforçando o caráter interdisciplinar da IIR.

Ressaltamos que o professor da turma não acompanhou a abertura de CPs nas disciplinas nas quais não era especialista. Antes da apresentação dos trabalhos finais, a equipe visitou uma

sala temática do Programa de Combate ao Desperdício de Energia (PROCEL) existente no Planetário da cidade, onde aprenderam a estimar numericamente a energia elétrica consumida em diversos aparelhos.

Ao término da IIR, os relatórios dos subgrupos foram apresentados oralmente em classe e os estudantes elaboraram cartazes que foram colocados no mural da escola. Resumimos as atividades da IIR ao longo das aulas no **Quadro 2**.

Aula	Etapa	Fourez (1997)	Ações
1	Zero		Apresentação da proposta e definições do plano de aulas, instrumentos de avaliação, tempo de duração, destinatários e produto final.
	Um	Fazer um “clichê” da situação em estudo.	Elaboração de questões.
2	Dois	O panorama espontâneo.	Recorte do projeto. Lista de atores envolvidos, busca de normas e condições impostas para a situação e lista de posturas e tensões. Lista de “caixas-pretas”, lista de “bifurcações”, lista de especialistas e de especialidades envolvidas. Organização em subgrupos. Escolha de especialistas, fontes e caixas-pretas a serem abertas. Escolha da “cobaia”. Negociação da forma de apresentação dos resultados.
3	Três, Quatro, Cinco e Seis	Consulta de especialistas e especialidades.	Trabalhos de campo dos subgrupos. Consulta aos especialistas e abertura das CPs. Entrega de contas de luz. Aulas de Física, Biologia, História e Geografia. Estudo da conta de luz e do processo de estimativa da eletricidade (relógio de luz). Comunicação através de apresentações orais. Avaliações parciais.
4		Descendo sobre o terreno.	
5		Abertura aprofundada de uma ou outra caixa-preta e descoberta dos “princípios disciplinares” que sustentam uma tecnologia.	
		Esquematização global da tecnologia.	
6			Visita ao PROCEL.
7	Sete	Abrir certas caixas-pretas sem a ajuda de especialistas.	Pesquisas em <i>internet</i> .
8	Oito	Síntese da ilha de racionalidade produzida	Comunicação dos trabalhos finais. Apresentação das propostas dos educandos e comparação das contas de luz.

Quadro 2: Ações desenvolvidas na IIR sobre reciclagem do lixo urbano.

Discutindo alguns resultados

Num sentido geral, a sequência de etapas prevista por Fourez (1997) foi parcialmente respeitada na construção da IIR. Essa liberdade é prevista pelo autor quando esclarece que as etapas *são pistas metodológicas, não para serem seguidas ao pé da letra, mas para serem adaptadas e modificadas de acordo com as particularidades do ‘terreno’* (FOUREZ, 1997, p.103). Com efeito, Schmitz e Pinho-Alves (2004) afirmam que *é a situação problema que determinará os limites e as atividades envolvidas, que, a priori, não estão pré-determinados*. Sendo uma aproximação interdisciplinar que depende das condições do ambiente educativo e da negociação entre seus participantes, uma IIR não estabelece conteúdos de antemão.

O currículo estudado na IIR não foi definido previamente pelo professor, muito embora conceitos de disciplinas escolares como Física, Biologia, Química e Geografia, tais como

equilíbrio químico, cálculo estequiométrico, poluição (eutrofização), potencial hidrogeniônico (ph), desertificação, migração, piracema, alevinagem, carga elétrica, corrente elétrica, potência elétrica, voltagem, grandes projetos para a Amazônia, globalização, políticas energéticas, etc, previstos ou programados para aquela série, foram estudados no momento de abertura de CPs. No caso da disciplina Física, acompanhada pelo professor-pesquisador, a ênfase das aulas foi conceitual, tendo o professor lançado mão de dois experimentos (composição de circuitos elétricos simples) *para trabalhar as concepções espontâneas dos educandos* (DB). Igualmente, a conta de luz da casa da “cobaia” apresentada pelos subgrupos foi objeto de estudo e análise numa das aulas, quando a equipe refletiu sobre os valores de energia consumida (kWh) e os custos de transmissão e distribuição “implícitos”, mas discriminados nas faturas por meio de impostos.

A relevância da temática “consumo de energia elétrica” foi comprovada ao longo do bimestre, mediante diversas manifestações de comportamento dos estudantes à medida que se envolviam na tarefa de diminuir o consumo na casa da cobaia. Diversas pesquisas brasileiras também corroboram a importância de nossa investigação, visto que buscamos compreender os conceitos científicos relacionados ao tema “energia elétrica e meio ambiente” e as formas como as tecnologias e propostas de produção de energia influenciam o tecido social e ambiental (ARAÚJO; NONENMACHER, 2009; BERNARDO; VIANNA; FONTOURA, 2010; INATOMI; UDAETA, 2005; SILVA; CARVALHO, 2006; SILVA et al. 2007). Assim como o nosso, trabalhos como os de Soares et al. (2011) e Oliveira (2009), específicos para o tema “consumo de energia elétrica” sob enfoque CTS, registraram como resultados o empenho e o entusiasmo da parte dos estudantes quando estudaram a conta de luz e seus mecanismos de produção de energia e foram desafiados a diminuir o valor da fatura.

Em relação aos objetivos da ACT, percebemos a evolução de alguns atributos ao longo das aulas, como, por exemplo, na capacidade de **comunicação** dos alunos. Entendemos que essa habilidade liga-se ao objetivo dos estudos CTS de “auxiliar os estudantes a atuarem como cidadãos responsáveis” (SOUSA, 2007). Articulando as considerações feitas por Bettanin (2003) em relação às habilidades subjacentes ao poder de comunicação, entendemos que o engajamento dos membros dos grupos para redução do consumo de energia elétrica da residência das “cobaias” foi uma característica manifestada em nossa IIR que se clarificou nos debates em subgrupos, quando os estudantes aprenderam a dialogar, se posicionar e ter segurança e responsabilidade em suas colocações. Tal como afirmaram Silva et al. (2007) *os processos escolares de ensino e aprendizagem são em um sentido profundo processos interativos e comunicativos, em que os participantes buscam a construção de significados cada vez mais profundos e ricos.*

Nos relatórios os estudantes demonstraram compreender que para garantir e valorizar os benefícios que a eletricidade rotineiramente proporciona ao homem, é preciso utilizá-la de maneira consciente e responsável. Por sua vez, para decidir que medida educativa adotar na casa da “cobaia”, era necessário primeiramente conhecer o contexto, sem depender de “receitas” que talvez não se adequassem ao perfil ou realidade social onde o consumo se dava. Compreendemos que subjacente a essa capacidade também há um discurso que precisou ser assumido pelos educandos – no caso o discurso dos “especialistas” que defende o consumo consciente de energia sob várias justificativas –, o que, por um lado, implicou na ampliação de seu poder de argumentação. Os alunos expressaram essa habilidade em alguns relatórios:

Não basta apenas usar a eletricidade [...], precisamos usar racionalmente. Não podemos viver sem o bem que a eletricidade nos trouxe [...] é preciso usá-la com cuidado [porque], nenhuma tecnologia é isenta de causar impactos na sociedade e na natureza. Não é por economia somente, mas por consciência (RE1);

Quem sabe adiantasse ter energia elétrica pré-paga para que as pessoas controlassem mais o consumo, diminuindo o risco de apagão? Precisamos insistir em medidas educativas para que se valorize o uso consciente da eletricidade (RE3).

Nas aulas de Física o professor também buscou enfatizar o papel da ciência e dos artefatos tecnológicos para a melhoria da qualidade de vida, sem esquecer que o conhecimento dá meios ao consumidor de se organizar quanto a seus direitos e deveres. É um aspecto enfatizado por Krasilchik e Marandino (2004) ao defenderem a alfabetização científica como habilidade sem a qual não se constitui uma efetiva cidadania em nossos tempos. Com efeito, “promover o entendimento público das ciências e suas tecnologias” também é uma meta dos estudos CTS (SOUSA, 2007), que acreditamos estar relacionada ao **domínio** do conhecimento diante de situações problemáticas a serem resolvidas na interação com os especialistas. Num dos debates realizados em sala de aula, quando os estudantes apresentaram alguns resultados parciais das pesquisas, perceberam que existe um jogo de interesses envolvido na produção dos bens que utilizam eletricidade em seu funcionamento e que C&T geram novas demandas ao disponibilizarem uma série de novos dispositivos eletrônicos.

Semelhante aspecto foi abordado por Soares et al. (2008) ao discutirem as implicações do desenvolvimento científico e tecnológico no nível de desigualdade social. Um dos relatórios de nossa IIR indicou que tais demandas pedem *a expansão dos meios de produção e geração de energia* (RE2) sem, contudo, explicitar que esse processo não é unilateral, pois as necessidades de um grupo de consumidores podem gerar novas tecnologias e vice-versa. Igualmente, a melhoria da qualidade de vida pode se dar através do acesso aos instrumentos tecnológicos, mas isso não implica em acesso socialmente justo, nem em crescimento da necessidade de utilização deles, necessidades que muitas vezes são “fabricadas” por determinados grupos. Um dos educandos contou:

Quanto mais a tecnologia se desenvolve, mais produtos eletro-eletrônicos são criados e maior é o nosso consumo. Mas às vezes a gente é levado a comprar até aquilo que não quer, e isso é perigoso (DB).

Questões como políticas energéticas no Brasil, racionamento de energia em 2000/2001, necessidade de construção de novas hidrelétricas e impostos cobrados na utilização da energia elétrica também foram objeto de discussão nas aulas, temas considerados fundamentais em algumas pesquisas em educação em ciências (NETO; ARAÚJO, 2009; SILVA; CARVALHO, 2006; VIANNA et al., 2009). Por um lado, a utilização da temática reforçou a necessidade de se pensar em questões éticas envolvidas nas decisões em C&T, tais como as assumidas por todos (governo e sociedade civil) na produção e consumo de energia elétrica. Autores como Levinson (2002, p.70) asseveram que *é muito difícil para os professores de Ciências tratarem dos aspectos éticos ligados à ciência contemporânea: poucos professores, quaisquer que sejam suas especializações, podem trabalhar nessa área com confiança e experiência*. Na IIR que analisamos, o docente sozinho não foi capaz de clarificar questões éticas subjacentes ao consumo racional de energia elétrica. Notamos que o principal mote de seu discurso eram as questões técnicas e econômicas, declaradas pelos educandos no princípio da IIR, deixando de expressar os impactos socioambientais: *quando há impactos no bolso do cidadão, ele resolve participar e se engajar* (DB). As outras disciplinas citadas puderam enfatizar aspectos ambientais e sociais, conforme os educandos expressaram em sala de aula.

Podemos parar de comprar produtos de empresas estrangeiras que não se preocupam com o ambiente [...], o governo seria obrigado a cortar os incentivos fiscais das empresas internacionais ou tomar outra medida. (DB);

Os eletrodomésticos são feitos aqui [Brasil] e recebem um selo do PROCEL para termos ideia do consumo. [Vimos na aula de Geografia que] a produção em massa desses objetos define o grau de riqueza e influencia o mercado mundial e as relações comerciais entre países (DB).

A construção de hidrelétricas no Brasil precisa levar em conta os impactos ambientais causados nas áreas e a melhoria das condições de vida do povo. Muitos vivem debaixo de linhões sem ter energia elétrica! (RE5).

A **autonomia**, por sua vez, foi uma capacidade observada especialmente no processo de pesquisa da IIR, quando os estudantes foram a campo abrir as CPs e buscaram respostas para o problema proposto. Para Sousa (2007), “desenvolver a capacidade de tomada de decisões dos estudantes” é um dos objetivos da educação CTS que, por sua vez, admitimos neste artigo vincular-se à autonomia do indivíduo para que haja uma relação de parceria com os especialistas. No início, os participantes comprometeram-se com a própria aprendizagem, buscando estudar a situação das casas das “cobaia”. Antes da abertura de CPs, suas concepções sintonizavam com a dependência de receitas prontas – visão do especialista em contraposição à visão dos consumidores –, característica que se modificou com o tempo. De fato, na procura por medidas de redução de consumo, alguns questionaram as “prescrições” dadas por órgãos como o PROCEL e o Instituto AKATU¹ por se dirigirem a realidades marcadas pelo uso de chuveiros-elétricos e aquecedores, diferente daquela em que vivem. A medida mais criticada foi a do uso compartilhado da TV ao invés do uso simultâneo de vários monitores ao mesmo tempo. Declararam a ocorrência de conflitos familiares:

Não dá para assistir TV todo mundo junto. Porque cria um conflito familiar pela posse do controle remoto. É melhor cada um assistir na sua TV (DB).

Como convencemos o “cobaia” a mudar? [...] Às vezes é preciso enfrentar a família se no final o resultado vai ser positivo para todos. (RE3).

No encontro que aconteceu na sala do PROCEL, os estudantes puderam fixar os conceitos de potência e energia elétrica, além de discutirem os impactos ambientais na construção de uma usina hidrelétrica. A responsável pela condução da visita naquele espaço era uma professora licenciada em Biologia, que apresentou uma maquete mostrando uma área “antes” e “depois” da elevação da barragem, o que contribuiu para a discussão interdisciplinar empreendida naquele ambiente. A experiência vivenciada no PROCEL seguiu a finalidade destacada por Santos (1999, p.202), de que a ACT busca um objetivo reclamado pelos movimentos humanistas, que é *a promoção da cultura científica e tecnológica e a recolocação do conhecimento “escolarizado” no conhecimento do cotidiano*, ainda que a recolocação não questione o lugar da C&T. Acreditamos que outro objetivo da educação CTS, o de “auxiliar os estudantes a atuarem como cidadãos responsáveis” (SOUSA, 2007) se liga à ideia de **responsabilidade** e compromisso com os problemas sociais do contexto, sentimentos manifestados pelos educandos no momento da visita ao Planetário.

Por fim, todos os subgrupos reduziram o valor da conta de luz, mas em apenas um essa redução foi ligada à mudança de comportamento dos moradores da residência, segundo o que declararam os membros do subgrupo em questão: *[O “cobaia”] disse que seus pais acabaram mudando de comportamento para ajudar na economia* (DB). Mesmo nesse caso, entendemos que não houve persistência nas atitudes para o uso racional da energia, pois os componentes alegaram que os moradores não pensaram em rever posturas de desperdício, apenas fariam o possível para ajudar o “cobaia” no projeto. Segundo Santos e Mortimer (2001, p.104), *o ensino para mudanças de comportamento é um processo muito complexo*. Para tal, percebemos que seria necessário um acompanhamento mais sistemático na residência da “cobaia” para avaliar a longo prazo as medidas sugeridas. Julgamos que esse aspecto não se dissocia da prática de uma IIR – ao contrário, a constitui – e que precisa ser objeto de análise de futuras pesquisas. Compreendemos que essa é a ACT defendida por Fourez ao mencionar a formação de uma “militância” em C&T.

¹ Ver sítio < <http://www.akatu.org.br/>>.

Conclusões

Os resultados desta pesquisa mostram que é preciso insistir em propostas pedagógicas interdisciplinares como as IIR, pois elas levam os alunos a se responsabilizarem pelo próprio aprendizado, assim como se engajarem em torno de um tema social relevante. Na prática avaliada, pudemos estabelecer vínculos entre a ACT de Fourez e os princípios do enfoque CTS no ensino de ciências, bem como entre conhecimento escolar (organizado em disciplinas) e ações cotidianas. Barros (1998, p.76) coaduna com esse pensamento ao assinalar que a educação científica que facilita a ocorrência das inter-relações CTS cumpre com a função de agente cultural, ao preparar *um futuro cidadão crítico, capaz de ter consciência do seu papel regulador numa sociedade dominada pela ciência e pela tecnologia*. Temos consciência de que o desenvolvimento de estratégias, competências, atitudes e valores condizentes com a ACT e os estudos CTS é uma tarefa complexa que ainda carece de maior sistematização acadêmica.

Bettanin (2001) sublinha que o enfoque CTS sugere aos indivíduos ações práticas e locais, enquanto que o principal objetivo da ACT é o de promover a autonomia do sujeito. Compreendemos em nosso estudo que nada impede, pois, uma pessoa autônoma de criticar determinado modelo gestor apoiado pela C&T, mesmo que este não tenha sido o objetivo da orientação pedagógica recebida em sala de aula. Portanto, inferimos que não há nenhuma contradição em assumir uma IIR como uma prática pedagógica CTS, ainda que tenham nuances de sentido e natureza.

Assim, por acreditarmos na necessidade de formar os estudantes para participação na tomada de decisões de seu mundo e para criticarem determinado modelo tecnocientífico quando este privilegiar os interesses de uma minoria, a ACT praticada pedagogicamente através das IIR e o ensino CTS podem ser aproximados como abordagens que promovem uma **cultura científica e tecnológica crítica** para a maior quantidade de pessoas possível. Os objetivos dos estudos CTS são semelhantes aos das IIR, sendo a ACT seu principal ponto de ligação.

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: 10 abr. 2011.
- AIKENHEAD, G. S. Review of Research on Humanistic Perspectives in Science Curricula. A paper presented at the European Science Education Research Association (ESERA 2003) Conference, Noordwijkerhout, The Netherlands, August 19-23, 2003. Disponível em: <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/ESERA_2.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2011.
- ARAÚJO, M. C. P.; NONENMACHER, S. Energia: um conceito presente nos livros didáticos de Física, Biologia e Química do Ensino Médio. **Poiésis**, v.2,n.1, p.1-13, jan./jun., 2009.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2010.
- BARROS, S. S. Educação formal versus informal: desafios da alfabetização científica. In: ALMEIDA, M. J. P.; SILVA, H. C. (orgs.) **Linguagens, Leituras e Ensino de Ciência**. Campinas: Mercado das Letras, 1998. cap.4, p.69-86.
- BERNARDO, J. R. R.; VIANNA, D. M.; FONTOURA, H. A.. Construção de práticas em Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente para a formação continuada do 'Educador CTSA'.

In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 12., 2010, Águas de Lindoia. **Anais...** Águas de Lindoia: SBF, 2010.

BETTANIN, E. **Ilhas de Racionalidade**: uma alternativa para o Ensino de Física. 2001. 41f. Monografia (Especialização em Ensino de Física) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

BETTANIN, E. **As Ilhas de Racionalidade na promoção dos objetivos da Alfabetização Científica e Técnica**. 2003. 185f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

DELIZOICOV, D. Pesquisa em ensino de ciências como ciências humanas aplicadas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.21,p.145-175, ago., 2004.

DUARTE, A. M. S. et al. Descrevendo e refletindo sobre a prática em Ilhas de Racionalidade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18., 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: SBF, 2009.

FOUREZ, G. **Alfabetización Científica y Tecnológica**. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 1997.

GOUVEIA, V. P.; OLIVEIRA, S. R.; QUADROS, A. L. Algumas questões ambientais permeando o ensino de Química: o que pensam os estudantes. **Ensaio**, v.11, n.1, p.38-54, jun., 2009.

INATOMI, T. A. H.; UDAETA, M. E. M. Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos. In: WORKSHOP INTERNACIONAL BRASIL-JAPÃO, 3., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2005.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de ciências e cidadania**. São Paulo: Moderna, 2004.

LEVINSON, R. As Ciências ou as Humanidades: Quem deve ensinar as controvérsias em Ciência? **Proposições**, Campinas, v.12, n.1, p.62-72, mar. 2001.

MEGID NETO, J. Três décadas de pesquisas em Educação em Ciências: tendências de teses e dissertações (1972-2003). In: NARDI, R. (org.) **A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil**: alguns recortes. São Paulo: Escrituras, 2007, p.341-355.

NARDI, R. **A área de ensino de ciências no Brasil**: fatores que determinam sua constituição e suas características segundo pesquisadores brasileiros. 2005. Tese (Livre Docência em Didática) – Faculdade de Ciências, Universidade do Estado de São Paulo. Bauru, 2005.

NETO; R. M.; ARAÚJO, M. S. T. As fontes de geração de energia e seus impactos sócio-ambientais: a educação ambiental como tema transversal interdisciplinar no Ensino Médio. In: XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18., 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: SBF, 2009.

OLIVEIRA, N. F. Ensino de eletricidade através de campanha de economia de energia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18., 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: SBF, 2009.

PIETROCOLA, M.; PINHO-ALVES, J.; PINHEIRO, T. F. Prática interdisciplinar na formação disciplinar de professores de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.8, n.2, não paginado, ago., 2003.

PINHO-ALVES, J.; SOUZA, F. N. Analisando os padrões de questionamento presentes na ilha interdisciplinar de racionalidade de Fourez. In: ENCONTRO NACIONAL DE

PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

RICHETTI, G.; JACQUES, V.; PINHO-ALVES, J. Análise de uma proposta de ensino de química na perspectiva da alfabetização científica e técnica de Gerárd Fourez. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Bauru. **Anais...** Bauru: ABRAPEC, 2007.

SANTOS, M. E. V. M. **Desafios Pedagógicos para o Século XXI**. Lisboa: Livros Horizonte, 1999.

SANTOS, C. G. B.; CORREIA, P. R. M. Ilhas de Racionalidade: um modelo para desenvolver a aprendizagem baseada em problemas em um contexto interdisciplinar. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

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.

SCHMITZ, C. **O uso de Ilhas de Racionalidade para abordar temas relacionados à eletricidade, magnetismo e acústica**. 2001. 68f. Monografia (Especialização em Ensino de Física) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SCHMITZ, C.; PINHO-ALVES, J. Ilha de Racionalidade e a situação problema: o desafio inicial. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9, 2004, Jaboticatubas. **Ata em CD-Rom...** Jaboticatubas: SBF, 2004.

SCHMITZ, C.; PINHO-ALVES, J. Componentes de uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade. In: ENCONTRO IBERO-AMERICANO DE COLETIVOS ESCOLARES E REDE DE PROFESSORES QUE FAZEM INVESTIGAÇÃO NA SUA ESCOLA, 4, 2005, Lajeado. **Ata em CD-Rom...** Lajeado: GPFP/UNIVATES, 2005.

SILVA, V. H. D. et al. Energia, meio ambiente e desenvolvimento: Uma proposta didática para alunos do Ensino Médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 17., 2007, São Luis. **Anais...** São Luis: SBF, 2007.

SILVA, L. F.; CARVALHO, L. M. O ensino de Física e a temática ambiental: a produção de energia elétrica em larga escala como tema controverso. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 10., 2006, Londrina. **Anais...** Londrina: SBF, 2006.

SOARES, M. V. et al. Sociologia, Física e conta de luz: relato de uma proposta para aproximação das Ciências Humanas e Exatas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19., 2011, Manaus. **Anais...** Manaus: SBF, 2011.

SOUSA, R. G. **Desafios, potencialidades e compromissos de uma experiência pedagógica para a formação cidadã**: Prática CTS construída a partir de uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade sobre reciclagem do lixo urbano. 2007. 196f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas) – Núcleo Pedagógico de Apoio ao Desenvolvimento Científico, Universidade Federal do Pará. Belém, 2007.

VIANNA, D. M. et al. Relações Ciência-Tecnologia-Sociedade na abordagem do tema Energia: uma investigação na sala de aula do Ensino Médio. In: XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18., 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: SBF, 2009.