



Lixo Eletrônico: uma proposta CTS para o ensino médio

E-waste: an STS proposal for secondary school

Zaira Zangrando Cardoso

Colégio Militar de Brasília - CMB
zairazc@gmail.com

Rosana Oliveira Dantas de Abreu

Colégio Militar de Brasília - CMB
rosana.abreu@gmail.com

Roseline Beatriz Strieder

Universidade de Brasília - UnB
roseline@unb.br

Resumo:

Com base nos pressupostos da Educação CTS, foi elaborada e desenvolvida uma proposta centrada no tema Lixo Eletrônico no segundo ano do Ensino Médio, no Brasil. Essa proposta foi analisada com por base na matriz de referência de Strieder (2012) e, diante disso, este trabalho tem como objetivo apresentar avanços e lacunas da proposta desenvolvida, contribuindo para o universo das pesquisas que se propõem investigar práticas escolares CTS. Para tanto, procedeu-se à análise dos registros de aula, realizados pelas professoras/pesquisadoras após o desenvolvimento da proposta, e a análise dos trabalhos apresentados pelos alunos oralmente e por escrito. De modo geral, os resultados apontam que o desenvolvimento dessa proposta contribuiu com a aquisição, por parte dos alunos, de informações relevantes para reflexões sobre o consumo de aparelhos eletroeletrônicos e a consequente produção e descarte do lixo eletrônico.

Palavras-chave: Lixo eletrônico; Matriz de Referência; CTS.

Abstract:

Based on the assumptions of Science, Technology and Society (STS) Education, a proposal focusing on the theme of electronic waste was developed in the second year of high school education, in Brazil. This proposal was analysed according to Strieder's reference matrix (2012), and therefore, this study aims to present the achievements and shortcomings of the developed proposal, thus contributing to the universe of researches that propose to investigate the STS school practices. For this purpose, we analysed school records, from teachers/researchers after the conduction of the proposal, as well as student-presented assignments, both oral and written. Overall, results indicate that the implementation of this proposal contributed to the students' acquisition of relevant information, capable of generating reflection on the consumption of electronics and the consequent production and disposal of electronic waste.

Keywords: Electronic waste; Reference Matrix; STS.

Resumen:



Basándose en los presupuestos de la Educación CTS, se elaboró y se desarrolló una propuesta centrada en el Residuo Electrónico en el segundo año de la Enseñanza Media, en Brasil. Esa propuesta fue analizada basándose en la matriz de referencia de Strieder (2012) y este trabajo tiene como objetivo presentar avances y lagunas de la propuesta desarrollada, contribuyendo para el universo de las investigaciones que se proponen estudiar las prácticas escolares CTS. Para ello, se realizó el análisis de los informes de clase elaborados por las profesoras/investigadoras, tras el desarrollo de la propuesta, y de los trabajos presentados por los alumnos oralmente y por escrito. En general, los resultados señalan que el desarrollo de esa propuesta contribuyó a la adquisición, por los alumnos, de informaciones relevantes para las reflexiones sobre el consumo de aparatos electrónicos y la consecuente producción y eliminación del residuo electrónico.

Palabras claves: Residuo electrónico; Matriz de referencia; CTS.

Introdução

O desenvolvimento científico e tecnológico tem provocado diversas transformações na sociedade, refletindo mudanças nos hábitos de consumo, nas relações humanas, nas relações de trabalho, e até nas crenças e valores. Essas mudanças não trazem somente benefícios à humanidade. Frequentemente, os meios de comunicação divulgam aspectos positivos desse desenvolvimento sem perceber que, por detrás de grandes promessas de avanços tecnológicos, podem se esconder lucros e interesses das classes dominantes, configuração que deixa de atender ou prejudica muitas vezes, às classes menos favorecidas (Silveira, Pinheiro, & Bazzo, 2009).

Com o crescente avanço científico e tecnológico, promoveu-se a proliferação de uma diversidade de eletroeletrônicos, tais como: pilhas, baterias, computadores, celulares, *Ipods*, *tablets*, brinquedos, aparelhos de som, televisões, câmeras fotográficas, entre outros. A produção desses aparelhos vem aumentando; contudo, o seu ciclo de vida tornou-se efêmero. Isso acontece devido à criação de novas tecnologias, que substituem as anteriores, e, também, devido à fabricação dos produtos com materiais pouco duráveis e descartáveis.

Nesse contexto, os sonhos de consumo estão mais acessíveis a todos os consumidores. Esses, no entanto, podem descartar aparelhos em funcionamento substituindo-os por tecnologias de ponta, por questão de modismo e/ou de marketing. Esses produtos ainda em funcionamento tornam-se obsoletos, e, em geral, não recebem um destino adequado.

De acordo com Widmer, Oswald-krapf, Sinha-khetriwal, Schnellmann e Boeni (2005), lixo eletrônico é um termo geral que abrange as diversas formas de equipamentos elétricos e eletrônicos que deixaram de ter qualquer valor para seus proprietários, sucedendo à classe de rejeitos¹. Uma definição mais abrangente, encontra-se nas diretrizes da Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), estabelecidas pela União Europeia, que consideram "lixo eletrônico como sendo equipamentos eletroeletrônicos e todos os componentes, subconjuntos (fios, cabos, fitas elétricas, fibras ópticas, painéis etc.) e consumíveis, que fazem parte do produto no momento do descarte" (EU, 2003). Apesar de o lixo eletrônico ser considerado, no Brasil, um resíduo sólido especial de coleta obrigatória

¹ "Entende-se por rejeito todo e qualquer resíduo que não apresenta utilidade alguma, pelo menos até o momento, e que, portanto, precisa ser descartado". (Amaral, et al., 2001, p.421).



(Brasil, 2010), é frequente o descarte de materiais eletrônicos em lixos comuns, constituindo um sério risco para a saúde e para o ambiente devido a esse tipo de material possuir, em sua composição, metais conhecidos como pesados, a exemplo: chumbo, mercúrio, zinco, níquel e cádmio, que são altamente tóxicos. Também, como esses resíduos são normalmente descartados em lixões, acabam contribuindo, de maneira negativa, com o meio ambiente e com os catadores que sobrevivem da venda de materiais coletados nos lixões (Siqueira & Moraes, 2009).

No meio ambiente, os resíduos do lixo eletrônico, ao serem encaminhados para os aterros sanitários, podem causar danos à saúde (Ferreira & Ferreira, 2008). Esses resíduos, quando entram em contato com o solo, podem contaminar o lençol freático e, quando submetidos à combustão, acabam poluindo o ar. Produtos presentes nesses materiais podem desencadear sérios problemas à saúde humana (Moreira, 2007), que podem ser agravados pelo processo de reciclagem bruta, pois muitos poluentes orgânicos persistentes e metais pesados são liberados nesse processo, podendo se acumular facilmente no organismo por inalação do ar contaminado.

Nesse sentido, entende-se que a abordagem do tema lixo eletrônico, na educação básica, é fundamental. Vale ressaltar que os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) apontam para a importância de se trabalhar os conteúdos de forma interdisciplinar e contextualizada na sala de aula (Brasil, 2000). Também, na legislação brasileira, é enfatizado que o ensino médio visa propiciar uma alfabetização científica dos educandos, levando em consideração a seleção de temas que sejam socialmente relevantes e que forneçam a compreensão do mundo natural, social, político, tecnológico e econômico, além de contemplar o desenvolvimento de procedimentos, atitudes e valores (Brasil, 2002).

Com isso e diante do aumento do lixo eletrônico e de seu descarte inadequado, entende-se ser necessário inserir discussões sobre essa temática no Ensino Médio, contribuindo para a formação cidadã. Uma perspectiva educacional que, a nosso ver, pode fundamentar propostas educacionais que visam contemplar esses objetivos é a Educação Ciência - Tecnologia - Sociedade (CTS). Como coloca Santos (2008, p.122), na Educação CTS, "não se trata de uma educação contra o uso da tecnologia e nem uma educação para o uso, mas uma educação em que os alunos possam refletir sobre a sua condição no mundo frente aos desafios postos pela ciência e tecnologia".

Nessa perspectiva, vale destacar o trabalho realizado por Oliveira, Gomes e Afonso (2010) sobre lixo eletroeletrônico, com alunos do 9º ano do ensino fundamental e das três séries do ensino médio. O trabalho contou com apresentação de palestras sobre esse lixo; realização de oficinas, nas quais os alunos desmontaram equipamentos eletroeletrônicos obsoletos ou estragados e, num terceiro momento, separaram e identificaram os componentes desses aparelhos. Os pesquisadores concluíram que essa atividade despertou nos alunos, também enquanto consumidores, a necessidade de adquirir com consciência esses equipamentos, sem desistir do direito de dispô-los, e reconhecê-los como material em potencial para a reciclagem.

Já Pereira, Nicácio, Botelho, e Silva (2012) desenvolveram uma atividade sobre o tema "Descarte de Lixo Eletrônico", nela usaram uma abordagem CTS com as turmas do segundo ano ensino médio profissionalizante de Química. Os objetivos dessa atividade foram familiarizar os alunos com materiais que compõem os equipamentos eletroeletrônicos; articular conceitos de disciplinas; e alertar os estudantes para as questões decorrentes do descarte inadequado do lixo eletrônico.



Esses pesquisadores elaboraram, para compor a atividade proposta, etapas que consistiram em leitura de textos para a problematização do assunto; desmonte de um computador inativo e análise dos metais presentes nas placas de circuito impresso. Ao final, os alunos entregaram relatórios e responderam a um questionário. Assim, os pesquisadores concluíram que a atividade desenvolvida foi importante para a formação geral e profissional dos alunos.

Estevão e Bouhid (2012), ao considerarem o tema lixo eletrônico, realizaram uma análise de como esse tema vem sendo abordado nos livros didáticos de Química recomendados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) em 2008. Elas constataram que o tema em análise não é abordado nos livros pesquisados.

No entanto, com a promulgação da Lei 12.305/2010 de Resíduos sólidos (Brasil, 2010), observa-se um número maior de pesquisas relacionadas ao tema (Oliveira, Gomes, & Afonso, 2010). Em paralelo, verificou-se que a partir de 2012, nos livros didáticos de Química do PNLEM, havia uma breve inserção do tema, seja na forma de citações, figuras ou pequenos textos que conduzem a discussões acerca das implicações ambientais e sociais causadas pelo descarte inadequado desses materiais. A inserção, mesmo que pontual, aponta uma maior preocupação com esse tipo de resíduo e perspectivas de inserção dessa temática no contexto do Ensino Médio.

Considerando esse contexto, foi elaborada e desenvolvida uma proposta centrada no tema Lixo Eletrônico, com base nos pressupostos da Educação CTS. Após a conclusão do trabalho e como forma de avaliar seu desenvolvimento, a proposta será analisada tomando por base a matriz de referência de Strieder (2012). Diante disso, objetiva-se, neste trabalho, apresentar avanços e lacunas da proposta desenvolvida, contribuindo para o universo das pesquisas que se propõem a investigar práticas escolares CTS.

Contextualização teórica

Segundo Freire (2007), em uma perspectiva de educação CTS, o ensino de ciências visa à alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, fomentando uma compreensão mais ampla da ciência e da tecnologia, ao explorar atividades direcionadas para esse fim e o contexto social a qual estão inseridas. Nessa linha, Pinheiro, Silveira e Bazzo (2009) destacam que as interrelações existentes no CTS visam à compreensão de aspectos sociais do desenvolvimento tecnocientífico, identificando os benefícios relacionados a esse desenvolvimento, quanto às consequências sociais e ambientais causadas por ele. Santos (1999), por outro lado, argumenta que a concepção CTS de ensino de ciências aponta para um ensino que ultrapasse a meta de uma aprendizagem de conceitos e de teorias relacionadas com conteúdos canônicos, buscando uma validade cultural. Esse autor afirma que a Educação CTS tem como alvo “ensinar a cada cidadão o essencial para chegar a sê-lo de fato, aproveitando os contributos de uma educação científica e tecnológica”. Assim, segundo Santos,

[...] inserir a abordagem de temas CTS no ensino de ciências com uma perspectiva crítica significa ampliar o olhar sobre o papel da ciência e da tecnologia na sociedade e discutir em sala de aula questões econômicas, políticas, sociais, culturais, éticas e ambientais. [...] Buscar a vinculação, portanto, dos conteúdos científicos com temas CTSA de relevância social e abrir espaço em sala de aula para debates de questões sociocientíficas são ações fundamentais



no sentido do desenvolvimento de uma educação crítica questionadora do modelo de desenvolvimento científico e tecnológico. (Santos, 2007, p.10)

Com isso, pode-se considerar a abordagem do tema lixo eletrônico em sintonia com a Educação CTS, no sentido de preparar os alunos para o exercício da cidadania e incorporar uma perspectiva de reflexão sobre as consequências tanto na saúde quanto no meio ambiente ao inserir conteúdos científicos no contexto social.

Ao abordar esse tema em sala de aula, é importante também levar em consideração discussões que permitam aos alunos se posicionarem diante da presença desse assunto na mídia, que utiliza todos os recursos de *marketing* para transformar qualquer bem de consumo em necessidade. Com isso, espera-se que os alunos passem a dar preferência a produtos de maior qualidade, no lugar da quantidade, contribuindo, assim, para minimização da produção de lixo.

Da mesma forma, a partir da perspectiva de articulação Freire-CTS (defendida, por exemplo, por: Auler, 2002; Auler, Senalti, & Dalmolin, 2007; Carletto, Von Linsingen & Delizoicov, 2006; Nascimento & Von Linsingen, 2006; Santos, 2008; Strieder, 2008; Strieder, 2012) entende-se que a abordagem desse tema em sala de aula deve se dar por meio do estabelecimento de relações entre a realidade dos alunos e o conhecimento escolar. Nesse sentido, ainda que este tema (Lixo Eletrônico) não se configure em um tema gerador, como proposto por Paulo Freire, defende-se considerar o que aponta Freire (1987) com relação à organização do conteúdo programático. Segundo ele, é preciso:

[...] um esforço comum de consciência da realidade e de autoconsciência, que a inscreve como ponto de partida do processo educativo, ou da ação cultural de caráter libertador. [...] (p. 57)

[...] será a partir da situação presente, existencial, concreta, refletindo o conjunto de aspirações do povo, que poderemos organizar o conteúdo programático da educação. [...] (p. 49)

[...] uma reflexão crítica sobre as relações homens-mundo e homens-homens implícitas nas primeiras. [...] (p. 50)

Ainda de acordo com Freire (2000), se o ensino e o conhecimento visam dar ao educando condições de julgamento e criticidade, deve ficar evidente que a valorização desse processo não deve estar associada somente ao conteúdo (não que este não tenha valor intrínseco), mas também ao fato de que “o único objetivo legítimo do ensino é deixar o homem condicionado a sempre interrogar”.

Vale ressaltar que, como proposto em Strieder (2012), há diferentes abordagens CTS possíveis para o contexto educacional, as quais podem ser sistematizadas a partir de distintos propósitos educacionais e parâmetros CTS, resultando em uma matriz de referência.

Essa Matriz de Referência é composta por três parâmetros: Racionalidade Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Participação Social, compreendidos como parâmetros da Educação CTS (Strieder, 2012). Cada um dos parâmetros foi dividido por Strieder (2012) em cinco níveis de compreensão não hierárquicos. A esses parâmetros, articulam-se diferentes propósitos educacionais, relacionados ao desenvolvimento de percepções, questionamentos e compromissos sociais.

A Racionalidade Científica está relacionada a discussões sobre conhecimentos científicos relacionados ao tema; malefícios e benefícios dos produtos da ciência; condução das investigações



científicas; relações entre as investigações científicas e seus produtos; as insuficiências da ciência. O Desenvolvimento Tecnológico, por sua vez, relaciona-se à abordagem de questões técnicas ligadas ao funcionamento de determinado aparato; relações aparato - sociedade; especificidades e transformações acarretadas pelo conhecimento tecnológico; propósitos que têm guiado a produção de novas tecnologias; necessidade de adequações sociais. Por fim, a Participação Social implica reconhecer a presença da CT na sociedade; discutir riscos e benefícios que envolvam decisões individuais; discutir problemas, impactos e transformações sociais da CT, a partir de decisões coletivas; identificar contradições e estabelecer mecanismos de pressão; compreender políticas públicas e a participação no âmbito das esferas políticas.

Aos parâmetros citados na Matriz de Referência, articulam-se propósitos educacionais que têm guiado as diferentes abordagens CTS e que podem ser caracterizados em três grandes perspectivas que buscam (i) o desenvolvimento de percepções entre o conhecimento científico escolar e o contexto do aluno, com ênfase em uma aproximação entre a vivência cotidiana do discente e os aspectos mais relacionados à ciência, à tecnologia e à sociedade e que contribuem para a contextualização do conhecimento científico a ser trabalhado; (ii) o desenvolvimento de questionamentos sobre situações que envolvem aspectos de ciência, tecnologia e/ou sociedade, ressaltando também as implicações do desenvolvimento científico-tecnológico na sociedade com vistas a uma compreensão sobre a utilização responsável dos recursos naturais e aparatos tecnológicos; e (iii) o desenvolvimento de compromisso social diante de problemas ainda não estabelecidos e que envolvem aspectos da ciência, da tecnologia e da sociedade, com vistas ao desenvolvimento de competências para oferecer condições à sociedade, para fazer uma leitura crítica da realidade que, atualmente, está marcada por desequilíbrios sociais, políticos, éticos, culturais e ambientais.

A tabela 1 apresenta uma síntese dessa Matriz de Referência e foi utilizado, na presente investigação, para a análise dos dados coletados ao longo do desenvolvimento da proposta, na perspectiva de refletir sobre potencialidade e limitações dessa.

Tabela 1. Matriz de Referência de acordo com os parâmetros propostos (Strieder, 2012).

Parâmetros	Níveis	Abordagem	Propósitos
Racionalidade Científica	1	Conceitos científicos	Percepções
	2	Aspectos positivos e negativos	Questionamentos
	3	Construção histórica	Questionamentos
	4	Pesquisas atuais relacionadas	Questionamentos
	5	Insuficiência do conhecimento científico	Compromisso social



Desenvolvimento Tecnológico	1	Partes técnicas	Percepções
	2	O aparato e a sociedade	Questionamentos
	3	Especificidades e transformações	Questionamentos
	4	Propósitos (Crítica ao consumo e questões políticas)	Questionamentos
	5	Adequações sociais	Compromisso social
Participação Social	1	Reconhecimento do problema	Percepções
	2	Decisões individuais	Questionamentos
	3	Decisões coletivas	Questionamentos
	4	Mecanismos de pressão	Questionamentos
	5	Políticas Públicas	Compromisso social

Metodologia

A intervenção curricular sobre Lixo Eletrônico foi desenvolvida em 09 turmas de 2º ano do Ensino Médio, em uma escola pública federal, localizada em Brasília/Brasil, por duas professoras (autoras deste trabalho), durante 10 aulas de Química de 45 minutos cada, que abordaram os seguintes temas/tópicos: conceito de oxidação, redução, oxidante e redutor; balanceamento por oxirredução; histórico/evolução desse conhecimento; pilha de Daniell – sua montagem e seu funcionamento; potenciais-padrão dos eletrodos; cálculo da força eletromotriz; pilhas em nosso cotidiano; corrosão e reações de oxirredução relacionados ao meio ambiente e fenômenos biológicos; implicações econômicas e ambientais; transformações sociais acarretadas por essa tecnologia (exaustão de matérias-primas); relação entre avanço tecnológico, consumo e lixo eletrônico.

Essas aulas estão representadas de forma esquematizada na tabela 2, que traz também seus objetivos e metodologias.



Tabela 2. Organização das aulas.

AULAS	OBJETIVOS	METODOLOGIA
1. Pilhas e Bateria (2 aulas)	- Analisar lacunas e erros conceituais. - Compreender os princípios de funcionamento das pilhas a partir da pilha de Daniell; identificar os componentes. - Representar a reação global. - Compreender a ocorrência das reações de oxirredução e os conceitos de agente oxidante e agente redutor.	- Debate para explorar concepções prévias dos alunos. - Introdução do conceito de pilhas e baterias. Uso de imagens. - Abordagem dos conceitos químicos. - Atividade experimental demonstrativa-investigativa.
2. Descarte inadequado (2 aulas)	- Compreender o conceito de potencial de redução. - Identificar os metais que compõem os aparelhos celulares. - Compreender o processo do metal de sacrifício. - Analisar como o descarte inadequado de pilhas, baterias e periféricos pode afetar o meio ambiente.	- Texto: Corrosão. - Uso de imagens. - Pilhas no cotidiano. - Debate sobre a Lei 12.305/2010 de Descarte de Resíduos Sólidos.
3. Problemática do lixo eletrônico (3 aulas)	- Explorar os fatores sociais, econômicos e ambientais do descarte inadequado. - Compreender a obtenção de metais a partir da aparelhagem eletrônica. - Relacionar hábitos de consumo a problemática do lixo.	- Vídeo: "A ilha de Guyiu". - Reportagem sobre tráfico de lixo eletrônico. - Debate entre grupos. Crítica ao consumo. Descarte adequado.
4. Apresentação dos trabalhos (3 aulas)	- Estimular a argumentação. - Analisar conceitos e identificar a apropriação do tema explorado.	- Exposição e explicação dos materiais produzidos.



Em paralelo a essas aulas, os alunos elaboraram produções escritas que foram, posteriormente, apresentadas oralmente aos colegas. Para isso, as turmas foram divididas em grupos de até 3 alunos. Dois grupos criaram e confeccionaram *folders* acerca do que é lixo eletrônico, do que fazer para descartá-lo e do impacto ambiental do descarte inadequado. Oito grupos pesquisaram sobre a presença de metais em dispositivos eletroeletrônicos. Destacamos, os materiais e aparelhos de notebook, monitor, carregador, bateria, disco rígido, pilhas, periféricos, entre outros. Nesses materiais, os seguintes aspectos foram investigados: origem; tipo de contaminação; efeito na saúde e no meio ambiente de um metal selecionado previamente pelos professores (a exemplo: níquel, cádmio, chumbo, mercúrio, zinco, manganês, ouro, cobre), e fizeram a exposição desses materiais e uma ficha técnica do metal sorteado para a equipe; e dois grupos escreveram histórias em quadrinhos sobre a relação entre o avanço tecnológico, o consumo e o lixo eletrônico.

A apresentação das produções ocorreu durante três aulas e cada grupo teve em média 15 minutos para a apresentação e debate. Os grupos poderiam trazer objetos referentes aos metais explorados na ficha técnica e objetos mencionados nos *folders* e nas histórias em quadrinhos. Essa atividade ocorreu na última semana de maio de 2014 e foi utilizada, também, para a avaliação.

Ao longo das aulas, foram elaborados registros escritos pelas professoras (seguindo o que propõe Zabalza, 1994), que são as investigadoras e autoras deste trabalho. Esses registros foram analisados tomando por base a matriz de referência de Strieder (2012), apresentada anteriormente. Para a análise das informações coletadas durante a proposta, adotamos a abordagem qualitativa (Bogdan & Biklen, 1994) e, como metodologia de análise, a Análise de Conteúdo de Bardin² (2011).

Essa metodologia é um conjunto de técnicas de análise que visa obter, por meio de procedimentos sistemáticos, indicadores qualitativos ou quantitativos que permitem a inferência de conhecimentos relativos à mensagem estudada ou, em outras palavras, que autorizam a interpretação do conteúdo das informações obtidas (Bardin, 2011). Basicamente, o processo de análise constitui-se em três etapas: a pré-análise; a exploração do material (codificação das informações); e o tratamento, a inferência e a interpretação dos resultados.

A pré-análise é a fase de organização e tem como objetivo tornar operacional e sistematizar as ideias iniciais. Assim, essa primeira fase possui, o que Bardin chama de três missões: a escolha dos documentos a serem submetidos à análise; a formulação das hipóteses e dos objetivos; e a elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final. A exploração do material, segunda etapa da análise, requer atenção por ser longa e fastidiosa; esse momento consiste em operações de codificação, decomposição ou enumeração em função de regras previamente formuladas. Já na terceira fase, os resultados brutos são tratados de maneira a serem significativos e válidos. De posse desses resultados, o analista pode fazer inferências e adiantar interpretações a propósito dos objetivos previstos ou de descobertas inesperadas (Bardin, 2011).

Em síntese, seguindo o exposto, para averiguar avanços e lacunas da proposta desenvolvida, procedeu-se à leitura dos registros de aula, a análise dos trabalhos apresentados e a avaliação do material produzido.

² Ano da 1ª publicação -1977.



Resultados e Discussão

Os registros das aulas apontam que os cinco níveis de Racionalidade Científica foram contemplados, ainda que não de forma aprofundada. Associado ao nível 1, estão os conceitos científicos e conteúdos escolares relacionados ao tema, abordados com a perspectiva de buscar uma aproximação entre o conhecimento escolar e o cotidiano dos alunos. Relacionado ao nível 2, foram exploradas as implicações positivas e negativas do conhecimento em questão, a exemplo dos processos de produção de energia e sua relação com o funcionamento dos aparatos, bem como a contaminação do ambiente pelo descarte inadequado e a extração dos metais. Sobre o nível 3, foram explicitados os experimentos de Luigi Galvani, Alessandro Volta e John F. Daniell (em meados de 1880); porém, não foram discutidas questões relacionadas ao contexto histórico da época e nem controvérsias científicas associadas a esses conhecimentos. Com relação ao nível 4, analisaram-se as pesquisas atuais relacionadas a esse conhecimento, com ênfase nos aparatos tecnológicos (desde as televisões até *ipad/ipod*), e as implicações dessa tecnologia nas áreas da medicina, construção civil e naval, porém, não foram discutidas questões relacionadas aos investimentos atuais em ciência e tecnologia. O nível 5, foi contemplado nas discussões sobre o consumo exagerado e a ausência de tratamento desse lixo; ou seja, nesse contexto foram mencionadas limitações da ciência e da tecnologia para resolver problemas atuais, ainda que sem os aprofundamentos sugeridos por Strieder (2012).

No que se refere ao Desenvolvimento Tecnológico, da análise dos registros, conclui-se que foram abordados, ainda que parcialmente, os níveis 1, 2, 3 e 4. O nível 1 foi contemplado nas discussões referentes ao funcionamento das pilhas e baterias. No nível 2, as discussões associaram-se ao consumo exagerado desses aparatos devido ao modelo de desenvolvimento atual, além de apresentar informações acerca de coletores exclusivos, de lixo eletrônico, encontrado em alguns locais específicos. No nível 3, foram abordados os processos históricos dos aparatos e as relações entre o aparato e o conhecimento científico, enfatizando que a tecnologia não decorre de forma imediata da ciência e que ela sofre influência da sociedade. Associado a esse nível, foram visualizadas imagens das primeiras pilhas e baterias construídas contrapondo-as com as atuais. Contudo, não foi aprofundada a discussão em torno das transformações sociais advindas dessa tecnologia, ainda que essa questão tenha sido comentada nas aulas. No nível 4, as discussões giraram em torno das relações entre o progresso tecnológico e o seu direcionamento ao interesse de poucos, por meio de questionamentos a respeito do adequado descarte desses materiais e o processo de reaproveitamento dos metais e partes plásticas; em outras palavras, com essas discussões foi possível comentar, sem aprofundarmos na questão, que o desenvolvimento tecnológico é influenciado por interesses, que encarnam valores de grupos específicos.

Por fim, com relação à Participação Social, a partir da análise dos registros, constatou-se que elementos dos níveis 1, 2 e 5 foram contemplados, uma vez que foi abordado desde o reconhecimento do problema a sua relação com a CT (nível 1), levando à conscientização individual (nível 2), ainda que não tenha implicado decisões coletivas e nem ações mais amplas (níveis 3 e 4). Em relação ao nível 5, destaca-se que ocorreram discussões fundamentadas na Lei Brasileira 12.305 de 2010 sobre o descarte de resíduos sólidos e suas implicações sociais, políticas, econômicas e ambientais; apesar disso, entende-se que esse nível foi contemplado apenas parcialmente, já que as discussões mencionadas não estão associadas, efetivamente, à participação no âmbito das políticas públicas



de ciência e tecnologia.

Da análise do material produzido pelos alunos, pôde-se verificar nos *folders*, ainda que parcialmente, no que se refere à Racionalidade Científica, que os níveis 1, 2, 4 e 5 foram abordados. Associado ao nível 1, os alunos relacionaram o conteúdo e a conhecimento escolar com a definição do lixo eletrônico e a composição desses materiais. Sobre o nível 2, foram explorados a extração dos metais (como aspecto político), o descarte inadequado e o efeito ambiental desse descarte (como aspectos negativos). Em relação ao nível 4, explicitaram sobre os avanços tecnológicos em aparelhos eletrônicos como televisão, celulares, computadores, *ipod*, *ipad*, enfatizando aspectos positivos, sem questionar as relações entre as investigações científicas atuais e seus produtos. No nível 5, foram mencionadas as limitações do conhecimento científico no que se refere à ausência de tratamento do lixo eletrônico, o que o aproxima do nível 5, porém não o contempla de fato, visto que não há discussões sobre o papel da ciência nos processos decisórios.

Quanto ao Desenvolvimento Tecnológico, somente o nível 2 e 4 foram contemplados. Sobre o nível 2, foram associados, quase que na totalidade dos trabalhos, a relação entre o consumo exagerado da sociedade e o atual modelo de desenvolvimento. Acerca do nível 4, os alunos ressaltaram as questões da mídia e sua influência no consumo, bem como o favorecimento de algumas empresas.

No que diz respeito à Participação Social, destacaram-se os níveis 1, 2 e 5. Em relação ao nível 1, o trabalho apontou para o reconhecimento do problema por parte dos alunos, o que parece ter levado à conscientização individual. Tal fato implicou decisões individuais expostas durante a apresentação do trabalho, o que nos leva ao nível 2. Alguns grupos destacaram a importância e total implementação da Lei 12.305/2010 sobre o descarte de resíduos sólidos, o que se aproxima do nível 5, ainda que não o contemple de forma efetiva.

Os grupos que expuseram as informações contidas nas fichas técnicas, apresentaram dificuldades na confecção das mesmas. Contudo, os que souberam confeccionar, trouxeram informações de um determinado metal como: ocorrência na natureza; as propriedades químicas e físicas; o uso e a toxicologia; além das implicações que a extração do metal escolhido pode trazer para o meio ambiente e para a saúde. Dessa forma, pôde-se verificar que os níveis 1 e 2 da Racionalidade; 1 e 2 do Desenvolvimento e apenas o nível 1 da Participação Social foram contemplados.

Já nas histórias em quadrinhos, produzidas pelos demais grupos, foram evidenciadas as questões relacionadas ao consumo de aparelhos eletrônicos e à dependência dessa tecnologia. Assim, a partir da análise realizada do conteúdo dessas histórias, sobressaíram os níveis 1 e 2 da Racionalidade Científica. Sobre o nível 1, os alunos colocaram os conceitos relacionados ao tema. Relacionado ao nível 2 foi evidenciado o uso desses metais nos atuais aparelhos eletrônicos.

No Desenvolvimento Tecnológico, os níveis 2 e 4 foram retratados. Sobre esses níveis, as informações contidas nas histórias em quadrinhos se articularam de maneira a ressaltar as relações entre o progresso tecnológico, o modelo capitalista de desenvolvimento e a crítica ao consumo desses aparelhos, em particular os celulares e computadores.

Também nas histórias em quadrinhos analisadas, foram observados os níveis 1 e 2 e da Participação Social. O enredo das histórias exploraram o reconhecimento do problema e evidenciaram a conscientização individual.



Além disso, nas apresentações orais dos trabalhos, os alunos relataram que desconheciam, até então, as leis que regem o descarte do material eletrônico (o que se aproxima do nível 5 da Participação Social, embora não o contemple por completo), apesar de na cidade serem encontradas lixeiras específicas para a coleta do lixo eletrônico produzido. Também, e, com a finalidade de mostrar onde encontra-se determinado metal e a sua importância para o funcionamento do aparato, alguns grupos levaram para a aula os materiais que citaram no trabalho, a exemplo: CPU de computadores, teclados, mouses, celulares, pilhas e baterias. Tais atitudes evidenciaram os níveis 1 e 2 do Desenvolvimento Tecnológico. Dessa forma, os alunos puderam visualizar as partes técnicas do aparato e sua implicação na sociedade.

De modo geral, as apresentações foram objetivas e com informações relevantes para a reflexão, não só a respeito da produção do lixo eletrônico, como também do consumo de aparelhos eletroeletrônicos. Mesmo porque alguns relatos indicaram a dificuldade de ocorrer uma mudança no hábito do uso desses aparelhos (nível 2 – decisões individuais da Participação Social), devido, principalmente, às propagandas que mostram o avanço tecnológico e que se associam aos propósitos e isso tem guiado a produção de novas tecnologias (nível 4 do Desenvolvimento Tecnológico).

O tabela 3 apresenta uma síntese da análise, evidenciando quais discussões foram contempladas na proposta desenvolvida, ainda que parcialmente:

Tabela 3. Síntese da análise dos registros escritos e dos trabalhos dos alunos.
(✓ - níveis contemplados; x – níveis não contemplados).

Parâmetros	Níveis	Registros Escritos	Trabalhos dos alunos
Racionalidade Científica	1		
	2		
	3		x
	4		x
	5		x
Desenvolvimento Tecnológico	1		
	2		
	3		x
	4		
	5	x	x



Participação Social	1		
	2		
	3	x	x
	4	x	x
	5		

Dessa forma, a partir da análise, foi possível perceber que a proposta centrou-se em discussões relacionadas aos níveis 1 e 2 de Racionalidade Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Participação Social. E, diante disso, possivelmente, a proposta contribuiu, dentre outras coisas, para que os alunos passassem a reconhecer a importância do conhecimento científico escolar para a compreensão do mundo e a questionar determinadas atitudes, contrárias ao bem estar social e à preservação dos recursos naturais.

Com relação aos níveis 3, 4 e 5 da Racionalidade Científica, 3 e 4 de Desenvolvimento Tecnológico e 5 de Participação Social, vale ressaltar que foram encontrados somente indícios de aproximação. Ou seja, a análise apontou que a proposta não os contemplou de forma efetiva, com os aprofundamentos sugeridos por Strieder (2012). Isso, certamente, não desqualifica a proposta, mas aponta algumas questões a serem aprofundadas. Como sugerido pela autora:

[...] queremos destacar que ter conseguido "apenas" que os alunos reconhecessem a relevância do conhecimento científico escolar não desqualifica o trabalho, muito pelo contrário, aponta limites e potencialidades das diferentes perspectivas. E são essas questões, que a nosso ver, precisam ser aprofundadas. Refletem, de certa forma, a distância entre as intenções e as ações ou entre a teoria e prática. O que, por sua vez, acrescenta uma série de variáveis ao problema, como por exemplo, aquelas voltadas ao contexto da escola, aos valores dos professores e alunos, etc., aumentando sua complexidade. (Strieder, 2012, p. 270)

Conclusões

Como discutido neste trabalho, a situação do lixo eletrônico é uma questão que requer muita atenção de iniciativas públicas, privadas e da própria comunidade, principalmente no que concerne ao manejo seguro e à disponibilização de informações sobre essa categoria de resíduos. Associado a isso, destaca-se a necessidade de repensarmos os padrões de consumo da sociedade atual, o que está relacionado ao modelo de desenvolvido adotado.

O primeiro passo para a melhora do atual quadro é se conscientizar sobre o problema. Além disso, procurar meios de amenizar o problema, seja pelo controle no consumo destes equipamentos, seja pelo seu correto descarte. Também, cabe pensarmos no desenvolvimento de ações mais amplas, voltadas à participação no âmbito das políticas públicas de ciências e tecnologia.

Particularmente no que se refere à proposta desenvolvida, as análises apontam, como potencialidades, que o tema explorado, proporcionou maior abertura às discussões de questões sociais, econômicas, políticas e éticas sobre o desenvolvimento científico-tecnológico. Foi observado que as estratégias utilizadas favoreceram abordagens interativas, como: trabalho em grupo, discussões, valorização da fala do aluno e questionamentos acerca do atual modelo de



desenvolvimento. Essas abordagens favoreceram a compreensão das relações da ciência e da tecnologia com o contexto social e a importância da participação de cada um nesse processo.

Há indícios de que a proposta contemplou o desenvolvimento de percepções e questionamentos (Strieder, 2012). Por meio dela, foi possível aproximar o conhecimento científico da vivência cotidiana do aluno, abordar o funcionamento de aparatos tecnológicos e discutir informações sobre um tema de relevância social. Também, para além da contextualização do conhecimento científico escolar, a proposta contemplou a discussão das implicações do desenvolvimento científico-tecnológico na sociedade e a necessidade de utilizarmos de forma responsável os recursos naturais e aparatos tecnológicos.

No que se refere às limitações da proposta desenvolvida, destaca-se que a organização didático-pedagógica ainda se encontra fundamentada na abordagem de conceitos científicos; por exemplo, sem aprofundar aspectos ligados aos níveis mais críticos de racionalidade, desenvolvimento e participação social. Nessa perspectiva, questões associadas à condução das investigações científicas, às relações dessas a seus produtos e às insuficiências da ciência, ainda que mencionadas, não foram, de fato, abordadas. Ou seja, no que se refere à racionalidade, a proposta deve ser repensada com a intenção de buscar contemplar esses elementos. Também, quanto ao desenvolvimento tecnológico e à participação social, a análise apontou limitações da proposta associadas, principalmente, às discussões sobre: o processo de concepção/produção dos aparatos tecnológicos, incluindo os atores sociais envolvidos, os propósitos que têm guiado a produção de novas tecnologias; a necessidade de adequações sociais; impactos e transformações sociais da ciência e da tecnologia envolvendo decisões coletivas; as contradições envolvidas no processo com vistas ao estabelecimento de mecanismos de pressão; políticas públicas e participação no âmbito das esferas políticas. Diante disso, e como perspectiva futura, sugere-se repensar a proposta sobre Lixo Eletrônico apresentada neste trabalho com a intenção de buscar contemplar os elementos mencionados no parágrafo anterior. De antemão, é importante esclarecer que isso certamente implicará na utilização de mais aulas, o que nem sempre é viável no contexto em que nos encontramos.

Por outro lado, essa impossibilidade de esgotar as discussões na perspectiva da Educação CTS, aponta a necessidade de trabalhos recursivos, com níveis de complexidade diferentes, o que merece ser aprofundado em pesquisas futuras. Também, o reconhecimento das distintas abordagens possíveis permite uma compreensão mais ampla sobre os propósitos da Educação CTS e contribui para a seleção de elementos a serem priorizados, coerentes com os objetivos almejados. Nesse sentido, destaca-se que a análise apresentada neste trabalho evidencia a importância da inserção, em nossas aulas, de discussões relacionadas aos parâmetros da Educação CTS em perspectivas mais críticas. Salientamos ainda, que é preciso ampliar e aprofundar as discussões CTS, de forma que o aluno possa interpretar o mundo, questionar e participar de forma mais ativa e crítica das decisões associadas ao modelo de desenvolvimento atual.

Enfim, entende-se que ainda há muito o que se realizar e, com a ajuda de propostas dessa natureza, a tendência de se instigar um amadurecimento visando à conscientização e reflexão dos alunos parece ser evidente. Com isso, percebe-se que a educação é um momento do processo de humanização, um ato político, de conhecimento e de criação (Freire, 1966).



Apoios

Apoio financeiro CMB e CAPES/INEP/OBEDUC.

Referências

- Amaral, S. T., Machado, P.S.F.L., Peralba, M.V.R., Camara, M. R., Santos, T., Berleze, A.L., ..., Borges, A.C.A. (2001). Relato de uma experiência: recuperação e cadastramento de resíduos dos laboratórios de graduação do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Química Nova*, 24(4), pp. 419-423.
- Auler, D., Senalti, V. S., & Dalmolin, A. N. T. (2007). Abordagem Temática: Temas em Freire e no Enfoque CTS. In: VI ENPEC. Florianópolis. Consultado em <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p721.pdf>
- Auler, D. (2002). *Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências*. Tese de Doutorado. Florianópolis: CED/UFSC.
- Bardin, L. (2011). *Análise de Conteúdo*. Portugal: Edições 70.
- Brasil. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. *Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, n. 147, 03 ago. 2010. Seção 1.
- Brasil. (2000). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: Ensino médio*. Brasília: MEC/SEMTEC.
- Brasil (2002). Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+): Ensino Médio*. Brasília: Ministério da Educação.
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto Editora.
- Carletto, M. R., Von Linsingen, I., & Delizoicov, D. (2006). Contribuições a uma educação para a sustentabilidade. In I Congresso Ibero-americano de Ciência, Tecnologia, Sociedad y Innovación CTS+I, Mesa 16, Palácio de Minería (pp. 01-15). México D.F.
- Estevão, A. P. S., & Bouhid, R. R. (2012). Como o tema lixo eletrônico vem sendo abordado nos livros didáticos de química do ensino médio? In III Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente (pp. 01-12). Niterói/RJ: Universidade Federal Fluminense.
- European Union - EU, Directive 2002/96/EC of the European parliament and of the council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE) —joint declaration of the European parliament, the council and the commission relating to article 9. Official Journal L037:0024-39, 2003. Acedido em 21 março 2016, em [http:// europa.eu.int/eur-lex/en/](http://europa.eu.int/eur-lex/en/)
- Ferreira, J. M. B., & Ferreira, A. C. (2008). A sociedade da informação e o desafio da sucata eletrônica. *Revistas de Ciências Exatas e Eletrônica*. 3(3), 157-170. Consultado em <http://www.sare.anhanguera.com/index.php/rcext/article/view/417/413>



- Freire, P. (1966). *Educação como prática da liberdade*. São Paulo: Editora Paz e Terra.
- Freire, P. (1987). *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Freire, P. (2000). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra.
- Freire, L. I. F. (2007). *Pensamento Crítico, Enfoque Educacional LCTS e o Ensino de Química*. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina/SC.
- Moreira D. (2007). *Lixo eletrônico tem substâncias perigosas para a saúde humana*. Consultado em 03 fevereiro, 2014, em <http://www.htmlstaff.org/ver.php?id=7220>
- Nascimento, T. G., & Von Linsinguen, I. (2006). Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o ensino de ciências. *Convergência*, 42, 81-104.
- Pereira, L. A., Nicácio, M. A., Botelho, M. L. S. T., & Silva, G. F. (2012). Descarte de equipamentos eletroeletrônicos: Uma abordagem CTS no ensino profissionalizante de Química. In *XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI)*. Salvador, BA, Brasil. Consultado em <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/download/8034/5747>
- Oliveira, R. S., Gomes, E. S., & Afonso, J. C. (2010). O Lixo Eletroeletrônico: Uma Abordagem para o Ensino Fundamental e Médio. *Química Nova na Escola*, 32(4), 240-248.
- Santos, M. E. N. V. M. (1999). Encruzilhadas de mudança no limiar do século XXI co-construção do saber científico e da cidadania via ensino CTS de ciências. In *Atas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* (pp. 01-14). Valinhos, São Paulo.
- Santos, W. L. P. (2007). Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, 1 (número especial), 1-12.
- Santos, W. L. P. (2008). Educação Científica Humanística em uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino CTS. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(1), 109-131.
- Siqueira M. M., & Moraes, S. (2009). Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. *Ciência & Saúde Coletiva*, 14(6), 2115-2122.
- Strieder, R. B. (2008). *Abordagem CTS e Ensino Médio: Espaços de Articulação*. Dissertação de Mestrado. São Paulo: IFUSP.
- Strieder, R. B. (2012). *Abordagens CTS na Educação Científica no Brasil: sentidos e perspectivas*. Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo/SP.
- Torres, J. R., Gehlen, S., Muenchen, C., Gonçalves, F. P., Lindemann, R. H., & Goncalves, F. J. F. (2008). Resignificação curricular: contribuições da Investigação Temática e da Análise Textual Discursiva. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 8(2). Consultado em <http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/viewFile/52/45>.
- Widmer, R., Oswald-krapf, H., Sinha-khetriwal, D., Schnellmann, M., & Boeni, H. (2005). Global perspectives on e-waste. *Environmental Impact Assessment. Review*, 25, pp. 436 e 458.



Zabalza, M. A. (2004). *Diários de aula: um instrumento de pesquisa e desenvolvimento profissional*.
Porto Alegre: Artmed.