

Avaliação de estudantes sobre uma sequência de ensino de termodinâmica orientada por uma abordagem CTS

Evaluation of students about a teaching sequence on thermodynamic guided by a CTS approach

Alfredo Melk de Carvalho¹, Adelson Fernandes Moreira², Orlando Aguiar Júnior³

UFMG/ alfmelk@yahoo.com.br
CEFET-MG/ adelson@deii.com.br
UFMG/ orlando@fae.ufmg.br

Resumo

O presente estudo tem como objetivo avaliar a implementação de uma sequência de ensino de termodinâmica com abordagem CTS em uma escola técnica federal. A sequência foi implementada em 2014, com 7 turmas do ensino médio, de vários cursos técnicos da referida escola, totalizando 186 alunos. O objetivo inicial foi desenvolver nos estudantes uma cultura de participação em questões ligadas à vida fora da escola, por meio de um diálogo entre ciência e outros campos de conhecimentos e práticas. No final da implementação os alunos responderam um questionário sobre a sequência, onde deveriam analisar se a mesma tinha atingido certo nível de concretização dos objetivos que correspondiam às habilidades do ENEM. Outras questões solicitavam dos alunos um posicionamento sobre a motivação e as oportunidades de aprendizagem criadas com a sequência de ensino.

Palavras chave: CTS; ambientes de aprendizagem, termodinâmica.

Abstract

This study aims to evaluate the implementation of a thermodynamic teaching sequence with CTS approach in a Federal Center of Technological Education. The sequence was implemented in 2014, with 7 high school classes of various technical courses at this school, totaling 186 students. The initial goal was to develop in students a culture of participation in issues related to out-of-school life, through a dialogue between science and other fields of knowledge and practice. At the end of the implementation students answered a questionnaire about the sequence, which should consider whether it had reached a certain level of achievement of objectives that correspond to national exam (ENEM) skills. Other questions asked the students

about what they thought about motivation and learning opportunities created by the proposed teaching sequence..

Key words: STS, learning environments, Thermodynamics

INTRODUÇÃO

De forma geral, podemos dizer que o objetivo central da educação científica tem oscilado entre a formação de cientistas e a formação para a cidadania. Isso tem gerado um debate em torno do dilema destacado por Aikenhead (2003, p.68, tradução nossa); “Como preparar estudantes para serem cidadãos informados e atuantes e, ao mesmo tempo, como preparar futuros cientistas, engenheiros e médicos?” Esse debate tem levantado propostas com diferentes focos e tem até suscitado reflexões de que a educação científica para o público em geral seria um grande mito, conforme comenta Shamos (1995).

Nesse debate, o movimento CTS tem colaborado para que a educação científica se consolide no propósito de formação como exercício de cidadania. O movimento CTS se caracteriza como um movimento social mais amplo de discussão pública sobre políticas de ciência e tecnologia (CT) e sobre os propósitos da tecnociência. Tecnociência é um conceito amplamente utilizado na comunidade interdisciplinar de estudos de ciência e tecnologia para designar exatamente esse contexto social e tecnológico da ciência. O termo indica um reconhecimento comum de que o conhecimento científico não é somente socialmente codificado e socialmente posicionado, mas sustentado e tornado durável por redes materiais não-humanas, tendo sido criado pelo filósofo belga Gilbert Hottois em fins dos anos 1970. Na educação científica, esse movimento assumiu como objetivo o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão na sociedade científica e tecnológica e o desenvolvimento de valores (ver, por exemplo, AULER, 2003; SANTOS, MORTIMER, 2000). Dessa forma, o movimento CTS no ensino de ciências contribuiu para a inserção de temas sociocientíficos, a promoção do engajamento em ações sociais responsáveis, a discussão de questões controversas e de problemas ambientais contemporâneos (ver, por exemplo, AIKENHEAD, 1994; AULER, 2007; MORTIMER, 2000).

É claro que a implementação de currículos CTS não é garantia de conquista dos objetivos propostos, como desenvolvimento de habilidades e atitudes necessárias às tomadas de decisão. Alguns trabalhos apontam essa questão como um dilema dos currículos CTS, pois a análise desse processo é por demais complexa (SOLOMON, 1991 e 1994). Nesse sentido, é preciso refletir sobre os diversos fatores que influenciam a atitude dos estudantes frente a um dado problema sociocientífico e à aprendizagem escolar, o que não pode ser reduzido à mera análise da interação do aluno com o material didático com orientação CTS.

A sequência de ensino aqui mencionada teve como objetivo principal ensinar conteúdos de termodinâmica, discutindo as implicações sociais do uso intensivo do motor de combustão e do modelo de mobilidade urbana centrado no carro particular. Os dois primeiros autores deste estudo fizeram parte da equipe envolvida no projeto, que é objeto de estudo de mestrado do primeiro autor.

O presente trabalho visa, então, a uma análise do posicionamento dos alunos sobre a implementação da sequência. Para isso, levantamos as seguintes questões: Quais foram os fatores que dificultaram a implementação da mesma? Houve motivação, por parte dos alunos, com essa abordagem? Compreender essas questões é fundamental para concretizar práticas de ensino desse tipo com maior consistência e com bons resultados quanto à formação proporcionada aos alunos. Diante disso, a importância deste trabalho passa pela necessidade de aprofundamento em questões voltadas à Educação Tecnológica, através da cooperação entre o

meio acadêmico e professores da Educação Básica comprometidos com a produção de inovações, sustentadas por um diálogo com a literatura da pesquisa em Educação em Ciências.

A IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA

A sequência foi desenvolvida por 3 professores de Física, em 7 turmas do CEFET-MG. Foi iniciada com uma problematização inicial, baseada em Auler (2005), que pretendia avaliar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o funcionamento do motor de combustão e dos processos de conversão de energia envolvidos em seu funcionamento, além de criar um contexto para estudo da Termodinâmica.

A sequência foi elaborada tendo como objeto o motor de combustão interna. O início da sequência focalizando um objeto da tecnologia tem dois objetivos. Um deles é o de criar um contexto de significação dos conceitos, modelos, leis e teorias que seriam estudados no desenvolvimento da sequência. O outro é o de possibilitar a introdução de uma discussão sobre implicações sociais de determinada tecnologia, após terem sido discutidos seus fundamentos científicos.

A organização conceitual do curso não se alterou significativamente em relação a experiências anteriores, determinada pelo índice do livro didático, utilizado como fonte principal de estudo dos alunos. Porém foram introduzidos dois momentos na dinâmica de desenvolvimento da sequência: a problematização inicial a partir de um objeto da tecnologia e a destinação de certo número de aulas para a discussão das implicações sociais da tecnologia estudada.

Essa forma de desenvolver a sequência teve como pressuposto que a problematização inicial constitui um contexto que motiva os alunos para o estudo conceitual da física, uma vez que ela fornece elementos para justificar os estudos propostos. No caso do CEFET-MG, a formação do técnico pressupõe justamente uma compreensão não apenas da sequência de procedimentos na operação de uma máquina ou processo, mas de seus fundamentos científicos.

O segundo momento busca ampliar os objetivos de formação, possibilitando aos alunos a elaboração uma visão crítica das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Isso pode contribuir para que ele atue de forma mais consciente como técnico e, como técnico e cidadão, se comprometa com a construção de uma sociedade sustentável. Isso significa compreender a tecnologia não como algo dado, naturalizado, a ser consumido, aplicado e utilizado sem uma percepção dos seus efeitos e das escolhas e decisões prévias que determinaram a produção de certas tecnologias e não de outras.

Nesse segundo momento, a Segunda Lei da Termodinâmica constitui um contexto para discutir criticamente tecnologias baseadas na geração de energia térmica. Ainda que não se queira enfrentar verdadeiramente esse impasse, nosso modelo de desenvolvimento está fundamentado, em grande parte, em processos de queima de combustíveis e liberação de quantidades expressivas de energia térmica, não totalmente recuperável na forma de trabalho útil.

A tecnologia dos motores de combustão (gasolina, álcool e diesel) é intensivamente utilizada nos sistemas de transporte. Apenas 30% da energia térmica gerada na combustão da gasolina é aproveitada para movimentar rodas e eixos em um automóvel, o restante (70%!!), é rejeitado para o sistema de refrigeração e para a vizinhança do motor.

Para tornar mais complexa essa situação o deslocamento nos centros urbanos é feito especialmente por automóveis particulares transportando, em média, uma ou duas pessoas por veículo. Na problematização inicial, cálculos foram feitos e constatou-se que ao se comparar a

energia consumida por pessoa por quilômetro rodado, no deslocamento de um automóvel particular com o de um ônibus, a relação é, pelo menos, três vezes maior para o automóvel particular.

No caso dos combustíveis fósseis, outra preocupação se refere à liberação de dióxido de carbono e outros gases poluentes para a atmosfera. Ao se comparar a quantidade de CO₂ emitida para atmosfera no transporte feito por automóveis ou por ônibus, a relação obtida foi aproximadamente 5 vezes mais emissão para o automóvel particular. Ao longo de um ano, essa proporção faz uma grande diferença.

O que leva ao modelo de mobilidade urbana fundamentado especialmente no automóvel particular, se ele gasta mais energia, é mais poluente e leva, no limite, à imobilidade? É importante questionarmos os modelos de sistema de transporte e de desenvolvimento atualmente vigentes? Há alternativas? Podemos participar de alguma forma de modo a influenciar esses processos? A Segunda Lei da Termodinâmica e suas implicações nos cobram um posicionamento!

Nessa retomada da problematização inicial, no contexto do ensino da Segunda Lei da Termodinâmica, os alunos foram solicitados a produzir um vídeo abordando o tema ‘Degradação da energia e mobilidade urbana’, explorando os conteúdos do blog Ciência Cidadã (<http://www.cienciacidadacefetmg.blogspot.com.br>), que tratou do tema em experiência do ano letivo anterior, estruturada na mesma perspectiva da sequência apresentada sucintamente neste artigo.

RESULTADOS

Ao término da sequência, foi apresentada aos alunos uma ficha com afirmações em relação às quais eles deveriam se posicionar, em uma escala de atitudes. A resposta a essa ficha foi voluntária e anônima. A pesquisa foi realizada em um universo de 186 alunos.

As afirmações enunciadas na ficha podem ser divididas em duas partes. A primeira buscou uma avaliação, por parte dos alunos, sobre em que medida objetivos extraídos da matriz de habilidades do ENEM para a área de Ciências Naturais e suas Tecnologias, foram atingidos pela sequência. O uso dessa matriz se justifica porque percebermos que várias habilidades da matriz do ENEM têm relação direta com o movimento CTS e foram por ele inspiradas. Essa primeira parte consistiu do seguinte conjunto de enunciados:

1. Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.
2. Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.
3. Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e (ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.
4. Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.
5. Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.
6. Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

7. Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica.
8. Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

A segunda parte da ficha tratou de aspectos relativos à motivação e à aprendizagem dos estudantes em relação à organização do curso e à forma como ele foi desenvolvido.

1. Usar a discussão sobre a estrutura e funcionamento do motor de combustão interna como contexto inicial para o estudo da termodinâmica me motivou para esse estudo.
2. Os conceitos da termodinâmica tiveram mais significado para mim ao serem relacionados com a tecnologia do motor de combustão interna.
3. Começar o estudo pela estrutura e funcionamento do motor de combustão dificultou minha aprendizagem dos conceitos de termodinâmica.
4. Teria sido melhor se tivéssemos estudado os conceitos de termodinâmica seguindo a ordem proposta no livro didático.
5. Discutir as implicações sociais da tecnologia do motor de combustão, com base na 2ª lei da termodinâmica, tornou mais significativo o estudo da termodinâmica.
6. Considero mais proveitoso um curso de Física voltado apenas para o ensino dos conceitos sem destinar tempo para reflexões sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.
7. Discutir inicialmente a tecnologia e a partir dela seus fundamentos científicos é uma escolha acertada para um curso de física desenvolvido no ensino técnico.
8. Vincular o estudo de uma tecnologia com suas implicações sociais é uma escolha acertada para um curso de física desenvolvido em um curso técnico.

Para exemplificar os dados produzidos, selecionamos dois itens da ficha utilizada para identificar o posicionamento dos estudantes. Para o item retratando um objetivo retirado da matriz de habilidades do ENEM, mostrado no gráfico 1 (referente ao objetivo 8 da primeira parte), os alunos deveriam marcar, numa escala de 1 a 5 o nível de concretização do mesmo, seguindo o padrão: 1 (muito baixo); 2 (baixo); 3 (sem opinião); 4 (alto); 5 (muito alto). Outro item, retratado no gráfico 2 (referente à afirmativa 7 da segunda parte), porém agora aplicada ao nível de concordância com uma afirmação sobre o desenvolvimento da sequência de ensino. Nesse tipo de item, a escala segue o padrão 1 (discordo totalmente); 2 (discordo); 3 (sem opinião); 4 (concordo); 5 (concordo totalmente).

Objetivo 8: *Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.*

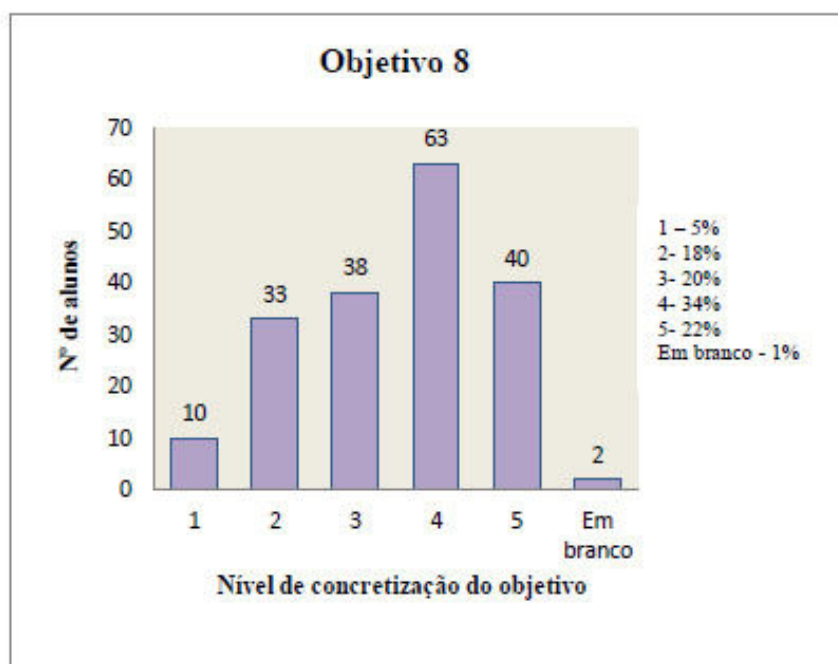


Gráfico 1: objetivo 8

Afirmativa 7: *Discutir inicialmente a tecnologia e a partir dela seus fundamentos científicos é uma escolha acertada para um curso de física desenvolvido no ensino técnico.*

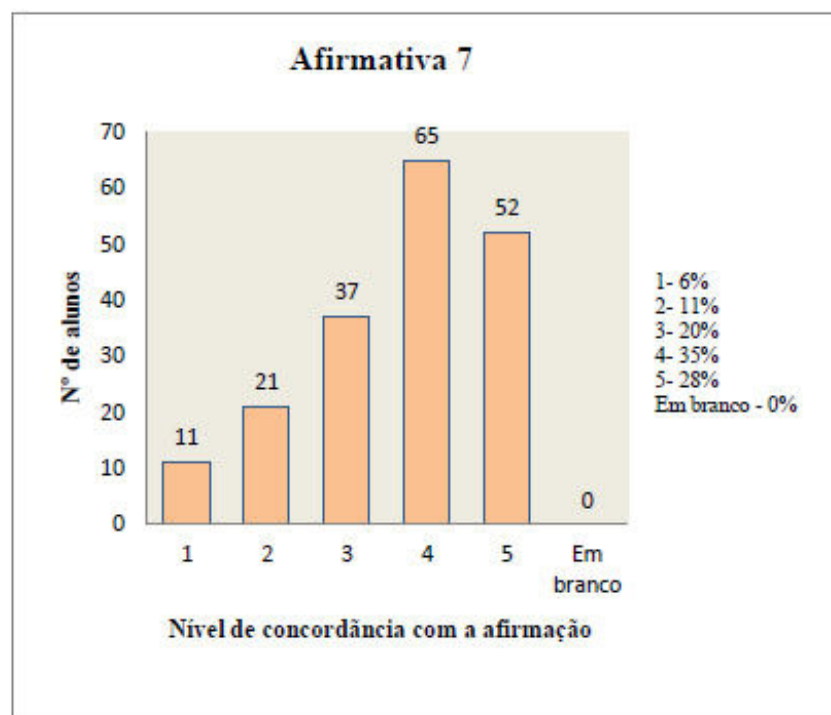


Gráfico 2: Afirmativa 7

Em relação ao primeiro grupo de enunciados relativos aos objetivos da matriz do ENEM, uma primeira avaliação sobre as respostas dadas pelos estudantes nos permitiu perceber que:

- 50% ou mais dos respondentes concordaram com o cumprimento dos objetivos sendo que o enunciado 7, relacionado à utilização de leis físicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica teve 76% de concordância.
- Para objetivos mais relacionados a conceitos, a percepção de cumprimento de objetivos é superior a 60%, o que converge com a ênfase conceitual da sequência. A percepção de mais de 70% para o item relativo à Termodinâmica decorre da referência explícita ao conteúdo geral da sequência, reforçada pela abordagem predominantemente conceitual.
- 20%, em média, marcaram o item ‘sem opinião’. Podemos considerar esse número grande? Seria decorrente da complexidade dos enunciados, transcritos da matriz de habilidades do ENEM?

Em relação ao segundo grupo de enunciados, relacionados à motivação e à aprendizagem dos estudantes, tendo em vista o desenvolvimento da sequência, destacamos:

- Afirmações 1 a 5, que se relacionam ao desenvolvimento da sequência têm um nível significativo de avaliação negativa, embora sempre inferior à avaliação positiva; em alguns itens, como o relativo à motivação, a avaliação negativa obteve praticamente o mesmo percentual da avaliação positiva, esta última ligeiramente maior.
- Afirmações 6 a 8, que se relacionam aos objetivos da sequência têm um predomínio de adesão e avaliação positiva, com percentuais sempre superiores a 60%. A afirmação 6, que aponta a pertinência de um enfoque exclusivo em conceitos tem uma discordância de mais de 80%, o que indica uma avaliação positiva dos estudantes quanto às finalidades da sequência de ensino orientadas pela abordagem CTS proposta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sobre a diferença entre os resultados para afirmações, do segundo grupo, relacionadas ao desenvolvimento da sequência e relacionadas ao cumprimento de seus objetivos específicos, é possível delimitar algumas hipóteses explicativas.

Sabemos que a concordância de um aluno com determinada afirmação do questionário não garante que a mesma tenha sido contemplada, porém, quanto maior o número de alunos, maior a possibilidade de que as respostas (analisadas estatisticamente) se aproximem da realidade. Outros trabalhos mais extensos de análise e validação das respostas aos questionários serão realizados no futuro. Ainda assim percebemos que os estudantes concordam com os objetivos que orientam a sequência e consideram-nos válidos. Porém, não havia um material adequado que fizesse maior articulação entre a abordagem conceitual da termodinâmica, a estrutura e funcionamento do motor de combustão e os temas de C&T na sociedade, relativos aos impactos sociais e ambientais dessa tecnologia.

Após a problematização inicial, o desenvolvimento da sequência, tendo o livro didático como o principal recurso cria uma descontinuidade, que não explora todas as possibilidades da tecnologia do motor de combustão, em termos do desenvolvimento conceitual. A nosso ver, tal fato refletiu negativamente na motivação dos estudantes e nas relações que efetivamente foram capazes de estabelecer entre a tecnologia, seus usos e os conceitos da termodinâmica.

Essa relação foi mais consistente no tratamento da degradação da energia a partir da Segunda

Lei da Termodinâmica, o que permitiu uma compreensão mais adequada do baixo rendimento dos motores de combustão interna e das limitações intrínsecas a esse tipo de tecnologia, no contexto dos estudos de mobilidade urbana. Essa relação consistente contribuiu favoravelmente para uma avaliação positiva dos objetivos que orientaram a sequência do ponto de vista das relações CTS.

O percentual elevado de estudantes sem opinião sobre a afirmação 4 de seguir a ordem proposta no livro didático parece indicar a falta de algo efetivo para comparar, uma vez que não foi efetivamente utilizado um material de apoio alternativo ao livro. Possivelmente, por isso, 30% dos estudantes não opinaram.

Em relação à afirmação 6, do segundo grupo, temos um caso em que a escala de aprovação apresenta-se em ordem inversa, o que permite examinar a consistência das respostas dos estudantes. Neste item, a preferência por uma física somente conceitual teve concordância de apenas 8, ou seja, além da maioria confirmar o que estava nos itens anteriores, sobre a relevância que os alunos deram a essa abordagem, esse item ajuda a perceber que os alunos estavam respondendo ao questionário com atenção, pois de outra forma não perceberiam que o que esse item expressa é oposto aos demais.

Os resultados sustentam a decisão pela continuidade da experiência, porém com um investimento maior na produção de um material alternativo ao livro didático que dê suporte aos desdobramentos apontados na atividade de problematização. Isso implica melhorar o que já está produzido e elaborar novos materiais que explorem com mais detalhe, do ponto de vista dos fundamentos científicos, aspectos específicos da tecnologia do motor de combustão.

Agradecimentos e apoios

Agradecemos à Fapemig, CEFET-MG (PROPESQ) e CNPq pelo apoio ao desenvolvimento desta pesquisa.

Referências bibliográficas

AIKENHEAD, Glen S. *Science education for everyday life: evidence-based practice*. New York: Teachers College Press, 2006.

AIKENHEAD, Glen S. Consequences to learning through STS: A research perspective. In J. Solomon & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, pp. 169-186, 1994.

AIKENHEAD, G. S. Collective decision making in the social context of science. *Science Education*, v. 69, n. 4, 1985.

AIKENHEAD, Glen S. STS education: a rose by any other name. In: CROSS, R. (Org.). *A vision for science education: responding to the work of Peter Fensham*. London, UK: RoutledgeFalmer, p. 59-75, 2003.

AIKENHEAD, G. S. Consequences to learning science through STS: a research perspective In: SOLOMON, J., AIKENHEAD, G. *STS education: international perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, p.169-186, 1994.

AULER, Décio. Alfabetização científico-tecnológica: um novo “paradigma”? Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências. v. 5, n. 1, 2003.

AULER, D. *Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências*. Tese. Florianópolis: CED/UFSC, 2002.

AULER, Décio. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência e Ensino*. V. 1, n. especial, p. 1-20, nov. 2007.

AULER, D. et al. Transporte Particular X Coletivo: Intervenção Curricular Pautada por Interações entre Ciência – Tecnologia – Sociedade. *Enseñanza de las Ciencias*. Barcelona, v. extra, p. 1-5, 2005.

FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. 17 eds., Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GRAF (Grupo de Reelaboração de Ensino de Física). *Física 2: Física térmica/Optica*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1991.

GRAF (Grupo de Reelaboração de Ensino de Física). *Leituras de Física*. Física Térmica. 1998. Disponível em www.if.usp.br/gref/pagina01.html

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, n.4, p.267-285, 1995.

SANTOS, W. Contextualização no Ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, vol. 1, número especial, novembro de 2007.

SANTOS, W. & MORTIMER, E. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio: pesquisa em educação em ciências*, Belo Horizonte, vol.2, n.2, p.1-23, 2000.

SHAMOS, Morris Herbert, *The myth of scientific literacy*. New Brunswick: Rutgers University Press, 1995.

SOLOMON, J. The dilemma of science, technology and society education. In: FENSHAM, P. J. (Ed.) *Development and dilemmas in science education*. Barcombe: The Falmer Press, p.266-281, 1991.

SOLOMON, J. Toward a map of problems in STS research. In: SOLOMON, J., AIKENHEAD, G. *STS education: international perspectives on reform*. New York: Teachers College Press, p.187-193, 1994.