

## **Células Fotovoltaicas: uma abordagem CTS na Disciplina de Física Experimental I**

### **Photovoltaic cells: a STS approach in Experimental Physics I.**

**Ronaldo Marchezini**

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG)  
ronaldom@deii.cefetmg.br

**Mauro Sérgio Teixeira de Araújo.**

Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL)  
mstaraujo@uol.com.br

#### **Resumo**

Este trabalho apresenta resultados parciais de uma pesquisa de doutorado que analisa as competências e habilidades desenvolvidas por alunos do curso de Química Tecnológica do CEFET-MG nas disciplinas de Física Experimental I e II, em cursos planejados segundo as diretrizes do enfoque CTS procurando verificar se esta abordagem agrega mais significado às disciplinas e aos conteúdos abordados. Apresentamos aqui uma atividade que envolve a produção de energia por células fotovoltaicas. Tomamos como referência para a análise das competências e habilidades mobilizadas pelos alunos no desenvolvimento da atividade aquelas presentes no Parecer CNE/CES 1362/2001 e que estão de acordo com uma abordagem CTS. Concluímos que os alunos mobilizaram as competências e habilidades esperadas e que essa abordagem agrega novos valores ao ensino experimental de Física, o que justifica, no nosso entender, sua utilização não apenas em atividades esporádicas, mas sistematicamente em todo o curso.

**Palavras chave:** Abordagem CTS, Competências e Habilidades, Física Experimental, Células Fotovoltaicas.

#### **Abstract**

This work presents partial results from a doctorate research that analyses the skills and abilities developed by students from the course of Technological Chemistry from CEFET-MG on the discipline of Experimental Physics I and II, in courses planned according the focus guidelines STS. It also seeks to verify if the experimental physics course in which the planning is based on this approach gives more meaning to the discipline. The activity here discussed involves the production of energy using photovoltaic cells and was taken as reference to analyze the skills and abilities developed those presented in the CNE/CES 1362/2001 document and that are in the agreement with the STS approach. We concluded that the students mobilized the skills and abilities expected and we also concluded that this approach aggregates new values to the subject of Experimental Physics that justify, in our opinion, its application not only in sporadic activities, but in totality of the course.

**Key words:** STS approach, skills and abilities, experimental physics, photovoltaic cells.

## Introdução

Nas últimas décadas a sociedade tem vivenciado um grande desenvolvimento científico-tecnológico. A miniaturização cada vez maior dos computadores associado à redução do custo de produção permitiu que pequenas e micro empresas tivessem acesso a este recurso. Permitiu também que a ele tivessem acesso pessoas de classes menos favorecidas, as escolas e as empresas. Junto com ele vieram *softwares*, redes sociais e de comunicação online que agilizaram e democratizaram o acesso a informação. Pesquisas científicas e novos conhecimentos possibilitaram a construção de aparelhos de diagnóstico e tratamento de saúde que têm ajudado na redução dos efeitos maléficos e até mesmo na cura de doenças antes tidas com fatais. A forma como estes fatos são tratados nas diferentes formas de mídia têm reforçado na população a ideia de uma ciência neutra e redentora, capaz de solucionar todos os problemas da sociedade. Nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento a sociedade vislumbra com isso a possibilidade de alcançar o patamar dos países desenvolvidos, sem apresentar a capacidade de criticar o modelo linear que relaciona o desenvolvimento científico com o social. Nele o desenvolvimento científico produz o tecnológico, refletindo no econômico e culminando em desenvolvimento social (LUJÁN *et al.*, 1996). Nesta mesma linha de pensamento Auler e Bazzo (2001, p. 3) indagam:

Considerando o discurso dos meios de comunicação e de outros segmentos formadores de opinião, não seria meta prioritária de parcela significativa da população a busca do “primeiro mundo”? Não estaríamos querendo fazer uso das mesmas estratégias em termos de política econômica e tecnológica, esquecendo/ignorando suas consequências em termos ambientais, culturais e sociais?

Quando pensamos no desenvolvimento tomando como referência apenas aspectos científicos e tecnológicos esta linha de pensamento torna-se óbvia. Porém, quando incorporamos na análise aspectos sociais e ambientais, tais como a fome, as aviltantes distribuições de renda e as fortes degradações ambientais que se agravam dia a dia percebe-se que o desenvolvimento tecno-científico não produz, necessariamente, desenvolvimento social para amplas parcelas da população.

Consideramos que discussões acerca destes problemas devem ir além do ensino básico. Hoje, a maioria das escolas de Engenharia do Brasil, na ânsia de acompanhar este avanço tecnológico, tem inchado os currículos com disciplinas técnicas. Muitas vezes, ainda que cientes da necessidade de se discutir aspectos referentes às relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), os responsáveis pelos currículos não se posicionam a favor de uma mudança curricular que incorpore estas discussões. No tocante a este aspecto, Bazzo (2002, p. 88) coloca:

Mas, mesmo sabendo desta dubiedade da escola e da responsabilidade impar da educação na reflexão destes problemas relacionados aos estudos CTS, os educadores responsáveis pelos programas desenvolvidos, seguindo o guia secular das escolas que lidam com a educação tecnológica, continuam a apostar nas remodelações clássicas das grades curriculares sem sequer levantar preocupações com mudanças das posturas filosóficas de enfoques educacionais que, estes sim, poderão começar a dar conta de tão intrincado problema.

A melhoria das técnicas de ensino ou o aumento no número de disciplinas técnicas ou científicas não favorece o entendimento das implicações que a Ciência e Tecnologia (C&T) produzem na sociedade. Alguns alunos podem até ter uma excelente formação técnica, mas a maioria não vê sentido naquilo que é ensinado. Reforça-se assim a visão de que existe o tempo de aprender e o tempo de fazer (FREIRE, 2006, AULLER, 2007). Em oposição a esta visão estes autores defendem que o tempo de aprender é também o de fazer, oferecendo significado à aprendizagem. Porém, para que isto ocorra durante o processo de aprendizagem, é preciso incorporar discussões sobre o momento e a sociedade em que se vive, contextualizando as abordagens.

A ciência e a sociedade são produtos sociais e por isso é necessário considerar os mecanismos e repercussões da tecnologia, mas, sobretudo, deve-se propiciar a construção de estruturas que sejam capazes de orientar as tecnologias a serem socialmente mais aceitáveis (BAZZO, 2002). Deste modo, a aprendizagem sobre C&T deve possibilitar a discussão das influências dos valores e crenças dos cientistas e da sociedade como um todo sobre o desenvolvimento científico e tecnológico, reforçando-se a noção de que são produtos da humanidade. De acordo com os Princípios Norteadores das Engenharias nos Institutos Federais (MEC-SETEC, 2008):

É imprescindível situar a educação como modalidade de formação que possibilita ao indivíduo o desenvolvimento de sua capacidade de gerar conhecimentos a partir de uma postura dialógica com a realidade. Ao mergulhar em sua realidade, deve extrair e problematizar o conhecido, investigar o não conhecido para poder compreendê-lo, e influenciar a trajetória dos destinos de seu lócus, de forma a credenciá-la a ter uma presença substantiva a favor do desenvolvimento local e da sustentabilidade.

### **O currículo de Engenharia e o enfoque CTS**

Nos Princípios Norteadores das Engenharias nos Institutos Federais (MEC-SETEC, 2008) são propostos currículos de cursos de Engenharia e Tecnológicos com as seguintes características:

- Sintonia com a sociedade e o mundo produtivo - a leitura crítica das demandas da sociedade, nela inserida os setores produtivos, é imprescindível quando da construção de uma proposta de formação profissional que responda às necessidades apontadas pela sociedade na perspectiva do crescimento científico e tecnológico do país;
- Diálogo com os arranjos produtivos culturais, locais e regionais – o desenvolvimento exige esse diálogo que deve estar vinculado ao global, na perspectiva da intervenção na realidade. Isto significa “pensar globalmente e agir localmente”, o que se desdobra na promoção de um trabalho educativo contextualizado em que propostas de intervenção na realidade sejam possíveis e estrategicamente realizadas;
- Preocupação com o desenvolvimento humano sustentável - a preparação para o mundo do trabalho não pode sobrepujar ou desprezar condutas pertinentes à conservação da vida no planeta, o que exige o estabelecimento de um espaço curricular comum que perpassa as formações;
- Possibilidade de estabelecer metodologias que viabilizem a ação pedagógica inter e transdisciplinar dos saberes – o campo de ação de qualquer profissional, em especial nas engenharias, se realiza na concretude social. Problemas reais dificilmente são resolvidos com visão disciplinar e as ciências há muito já atuam de forma inter e transdisciplinar no sentido de resolver a complexidade dos fenômenos com que

trabalham. As iniciativas no sentido da adoção desse paradigma de forma efetiva devem nortear metodologicamente os novos currículos.

Estas características estão presentes no enfoque CTS e é uma das razões por que defendemos sua introdução nos cursos Tecnológicos e de Engenharia. Bazzo (2002, p. 91) defende uma reformulação nos currículos de Engenharia de forma a ser permeado por discussões sobre Ciência-Tecnologia-Sociedade. Ciente da resistência dos educadores em fazer grandes alterações curriculares, apesar de compreenderem sua necessidade, defende duas vertentes:

Por um lado, entendo que tanto a ciência quanto a tecnologia devem ser tratadas, mesmo num ambiente escolar, de forma mais ampla, cobrindo-se não só os clássicos tratamentos técnicos, mas também as suas relações de causa e efeito nas suas interações sociais. Daí a necessária transdisciplinaridade. Por outro lado, para que isso seja possível, precisamos apostar numa indispensável formação de professores de engenharia.

Como cursos de formação de professores de Engenharia são raros ou até mesmo inexistentes, há uma grande carência de professores dispostos a incorporar em suas disciplinas discussões de cunho CTS. Bazzo (2002) propõe então que pelo menos uma disciplina CTS seja incorporada na grade curricular ou que essa abordagem seja incorporada a uma disciplina já consolidada no curso.

Propusemos-nos, então, a incorporar discussões com enfoque CTS nas disciplinas Física experimental I e II, do curso de Química Tecnológica do CEFET-MG. As aulas experimentais de Física, embora obrigatórias conforme o Parecer CNE/CES 1.362/2001, têm seus objetivos atrelados ao das disciplinas teóricas de Física: ilustrar fenômenos que foram apresentados na teoria ou abordar temas que não foram devidamente contemplados na teoria. Geralmente os estudantes não se identificam com estas disciplinas por não verem significado nelas. Na teoria são discutidas situações e condições extremamente difíceis de serem reproduzidas em laboratório didático. Na ânsia de tentar “comprovar” que as teorias “funcionam”, muitos professores são surpreendidos por resultados inesperados e justificam as discrepâncias por erros produzidos ao se efetuar as medidas, às imprecisões ou defeitos nos aparelhos. Isto dificulta ainda mais o entendimento da teoria e favorece a manutenção do jargão que diz “na prática, a teoria é diferente”. Acreditamos que este quadro pode ser alterado e que, para isto, não basta melhorar os equipamentos, aumentar o número de práticas ou de aulas de laboratório. Faz-se necessário estruturar as disciplinas de Física Experimental de forma que contribuam para o desenvolvimento das competências e habilidades nos estudantes e se configurem como um espaço propício para a abordagem CTS, como defendem Bazzo (2002), Auler e Bazzo (2001) e outros pesquisadores.

Nesta investigação planejamos um curso de Física Experimental I visando atender algumas características da abordagem CTS e também a ementa da disciplina. Neste artigo descrevemos uma das atividades desenvolvidas em duas turmas de graduação do CEFET-MG, uma composta predominantemente por alunos do curso de Química, sendo onze alunos do curso de Química e um de Engenharia da Computação. A segunda turma era composta por nove alunos do curso de Engenharia de Produção Civil e um de Engenharia da Computação.

Segundo o parecer CNE/CES 1362/2001, o perfil dos egressos de um curso de Engenharia deve compreender uma sólida formação técnica, científica e profissional geral que o capacite a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando os aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, apresentando visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade. Entre diversos aspectos, os Currículos dos Cursos de Engenharia deverão dar condições a seus egressos para adquirir competências e habilidades para: 1) aplicar

conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia; 2) projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados; 3) conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos; 4) identificar, formular e resolver problemas de engenharia; 5) supervisionar a operação e a manutenção de sistemas; 6) comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica; 7) atuar em equipes multidisciplinares; 8) compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais; 9) avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental; 10) avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia; 11) assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.

Por sua vez, o objetivo maior da abordagem CTS é formar cidadãos que tenham clareza sobre a natureza da Ciência e da Tecnologia tendo em vista suas relações, consequências e respostas sociais e, com isso, possam de forma consciente criticar e tomar decisões sobre assuntos desta natureza (BAZZO, 2002; AULLER e DELIZOICOV, 2001, PINHEIRO *et al.*, 2007, AULER e BAZZO, 2001; ACEVEDO *et al.*, 2005). Este objetivo vai ao encontro das características dos cursos de engenharia apontadas nos Princípios Norteadores das Engenharias nos Institutos Federais e do perfil dos egressos apresentados anteriormente.

Adotamos como referência de competências e habilidades a serem desenvolvidas aquelas identificadas pelos números 1, 2, 4, 6, 9 e 10. Nossa escolha se pautou na busca de habilidades comuns à disciplina de Física Experimental I e outras que visivelmente se relacionam com o enfoque CTS. Consideramos que as demais habilidades são mais específicas do curso e têm um caráter mais acentuado de Ciência e Tecnologia. Deste modo, neste estudo buscou-se responder a seguinte questão de investigação: Quais destas competências e habilidades são mobilizadas pelos alunos da disciplina de Física experimental I durante uma atividade prática planejada de acordo com os pressupostos do enfoque CTS?

### **Metodologia da intervenção**

A intervenção foi baseada em uma atividade experimental não estruturada, ou seja, sem apresentar um roteiro com orientações e com objetivo de chegar a um resultado esperado.

A ementa da Disciplina de Física Experimental prevê a realização de atividades práticas de Mecânica, Eletricidade e Eletromagnetismo. A introdução às práticas de Eletricidade e Eletromagnetismo foi iniciada com a leitura e discussão de três artigos envolvendo o conceito de energia: “Energia, há o suficiente para todos?”, “A matriz energética brasileira” de José Goldemberg e o artigo “Quem usa energia e para que usa” de Gilena M. G. Graça, Nadia Gebara da Silva e Vito Roberto Vanin.

Esta atividade teve como objetivo conscientizar os alunos sobre o uso de energia no mundo e no Brasil, bem como da relação entre o uso de energia e a situação socioeconômica dos países e da população brasileira. A discussão sobre a matriz energética do Brasil visou salientar a importância da energia elétrica na atualidade. Discutiu-se também sobre fontes de energia renováveis ou não, sobre fontes limpas e poluentes. Neste debate foram apontadas três formas básicas de produção de energia elétrica: química, fotovoltaica e eletromagnética. A produção de energia elétrica através de células fotovoltaicas foi considerada pelos alunos como limpa e renovável. Realizou-se uma atividade prática abordando a transformação de energia química em elétrica, que teve como questões motivadoras: “Uma batata pode funcionar como uma pilha? Por que as “batatas” não são usadas para produção de energia elétrica, substituindo as pilhas convencionais?”.

Nesta atividade foram trabalhadas diferentes formas de associação de dispositivos elétricos (série, paralelo e mista de geradores) e a utilização de aparelhos elétricos de medida. Durante a aula foi discutida a relação entre a energia elétrica que é gerada em um intervalo de tempo

(potência) e a intensidade da corrente elétrica. Os conceitos de força eletromotriz, resistência interna, corrente de curto e máxima potência transferida também foram abordados.

Na atividade seguinte foram abordadas as células fotovoltaicas, foco principal do presente trabalho. Apresentou-se para os alunos a seguinte questão: Que área uma placa fotovoltaica deve ter para alimentar um motor de 360 W e 120 V?

Os alunos foram informados que tinham acesso a dois modelos de células fotovoltaicas: a primeira, de cor azul, de dimensões 16 x 16 cm e a segunda, preta, de dimensões 8 x 8 cm e também a fragmentos de células do primeiro modelo.

Todo o planejamento e execução dos procedimentos foram feitos pelos alunos, que inicialmente debateram entre si procurando determinar que grandezas físicas e seus respectivos valores precisavam ser determinados para solucionar o problema. Os alunos concluíram que os valores da intensidade da corrente e da tensão eram as grandezas fundamentais e por isto informaram que necessitavam de um multímetro e de fios de ligação. De posse do material saíram do laboratório em busca de um local ensolarado, iniciando então as medidas da corrente de curto e da tensão. Verificaram que o primeiro modelo de célula forneceu uma corrente de curto máxima de 100 mA e uma tensão máxima de 5,0 V. O segundo modelo forneceu uma corrente de curto máxima de 1,0 A e uma tensão máxima de 0,5 V. Estes valores são aproximados e variaram ligeiramente de um grupo para outro. Com os fragmentos de células observaram que o valor da corrente de curto variava com o seu tamanho, porém, o valor da tensão mantinha-se o mesmo. Concluíram então que a potência de cada célula era de 0,5 W e que deveriam fazer uma associação mista de células para obter a tensão e a corrente necessárias para fazer funcionar o motor.

Utilizando o primeiro modelo de células os alunos identificaram que deveriam fazer 30 conjuntos contendo 24 células ligadas em série, devendo estes conjuntos ser associados em paralelo. Assim, determinaram que eram necessárias, em média, 720 células. Calcularam a área de uma célula e assim determinaram a área do painel, obtendo como resultado aproximado 5,0 m<sup>2</sup>.

### **Metodologia de coleta dos dados e análise dos resultados**

Os dados da pesquisa foram obtidos através da leitura dos relatórios dos alunos e dos registros feitos no diário de bordo preenchido pelo pesquisador após cada atividade prática. Foram analisados 6 relatórios e adotadas como referência para esta análise as competências e habilidades apontadas nas Diretrizes Curriculares da Engenharia, parecer 1362/2001 que consideramos coerentes com as propostas no enfoque CTS.

Como na proposta do experimento não havia um roteiro para direcionar as ações dos alunos, os mesmos tiveram que definir os instrumentos que seriam necessários, os procedimentos de como usá-los, que dados coletar e posteriormente executar as ações planejadas. De posse dos dados tiveram que interpretá-los para, com o suporte teórico, resolver a questão proposta. Ao fazerem isto com êxito, consideramos que eles demonstraram domínio das habilidades 1, 2 e 4. Ao verificarem o tamanho da placa, os alunos indagaram sobre o custo para se montar a mesma. Dados da época, obtidos através de pesquisa na internet, indicavam que uma placa fotovoltaica de 100 W, pronta para uso custava em torno de R\$2.000,00. Nesta discussão foi levantada a necessidade de se usar uma bateria e de um inversor de carga, pois a tensão da placa é contínua e é necessário acumular carga durante o dia para se utilizar à noite. Dados obtidos na internet indicavam que o preço médio dos dois componentes era de R\$ 500,00. De posse destes valores iniciou-se uma discussão sobre a viabilidade econômica da utilização dos

painéis para se gerar energia. Os alunos concluíram que este é um recurso a ser utilizado em locais onde não existe rede elétrica instalada ou como auxiliar na produção de energia onde a rede já existe. Em decorrência do custo concluíram que abastecer uma casa de padrão médio apenas com energia de células fotovoltaicas exigiria um investimento elevadíssimo, tornando a iniciativa quase inviável. A forma como os alunos conduziram esta etapa da atividade aponta para a mobilização da habilidade 10, que trata da necessidade de se avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia.

A elaboração do relatório, as discussões no grupo de trabalho e os debates promovidos no laboratório com todos os grupos exigiram dos alunos capacidade de comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica. A análise dos relatórios e dos debates aponta para o desenvolvimento desta habilidade.

Por fim, as conclusões dos alunos, apresentadas nos relatórios e debates, indicam uma preocupação não só com a viabilidade técnica e econômica do uso das placas fotovoltaicas. Eles propõem que alimentar uma escola ou um hospital utilizando somente placas fotovoltaicas é inviável, pois a área a ser coberta é muito grande. Isto implicaria em desmatar uma grande área ou impedir que extensas áreas verdes recebam luz solar direta, o que provocaria alteração no ecossistema local. Assim, a energia fotovoltaica perderia uma característica importante, que é a de ser uma forma “limpa” de produção de energia. Os estudantes concluíram por fim que a energia fotovoltaica deve ser usada em conjunto com outras fontes, o que aponta para uma preocupação com os impactos das atividades da engenharia no contexto social e ambiental.

## **Conclusões**

Para Auler e Bazzo (2001) o desenvolvimento econômico e tecnológico do Brasil teve como consequência um atraso nas discussões CTS tanto pela sociedade como entre os educadores. Porém, consideram que o fato da sociedade ainda não questionar de forma mais efetiva o papel que a Ciência e a Tecnologia têm no desenvolvimento econômico e social do país, possuindo uma visão linear sobre seu desenvolvimento e contribuição econômica e social, não deve ser impedimento para a inserção destas discussões na escola. Concordando com esta visão, consideramos que o enfoque CTS deve fazer parte dos currículos dos cursos Tecnológicos e de Engenharia, pois formar engenheiros e tecnólogos que levem esta visão para o mundo do trabalho e comecem a implementar mudanças é mais eficaz que esperar que a sociedade levante a questão para então tentar implantar nos trabalhadores uma nova visão.

Neste trabalho discutimos uma possibilidade de inserção das discussões CTS nos cursos de engenharia através da disciplina de Física Experimental I avaliando as competências e habilidades que os alunos mobilizam durante uma atividade com este enfoque. Concluímos que algumas competências significativas para a formação de um cidadão com uma visão crítica da relação entre Ciência-Tecnologia-Sociedade foram mobilizadas.

Por frequentarem muitas disciplinas de cunho técnico-tecnológico, ministradas muitas vezes por professores que apresentam uma visão salvacionista da Ciência e da Tecnologia ou que julgam que estas discussões não fazem parte de seu trabalho, consideramos que a continuidade do trabalho na disciplina de Física Experimental II será de grande contribuição para a formação crítica dos alunos.

## **Agradecimentos e apoios**

FAPEMIG e PROPESC-CEFET-MG

## Referências

- AULER, D. Articulação Entre Pressupostos do Educador Paulo Freire e do Movimento CTS: Novos Caminhos Para a Educação em Ciências, Contexto e educação, Editora Unijuí, Ano 22, n. 77, Jan/Jun 2007.
- AULER, D., DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico-Tecnológica Para Quê? Ensaio-Pesquisa em Educação, v. 3, n. 1, jun. 2001.
- AULER D., BAZZO, W. A. Reflexões para a Implementação do Movimento CTS no contexto Educacional Brasileiro. Ciência e Educação, v. 7, p. 1-13, 2001.
- ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, Á., MARTÍN, M., OLIVA, J. M., ACEVEDO, P., PAIXÃO, M. F., MANASSERO, M. A., Natureza de La Ciencia y Educación para La Participación Ciudadana. Una Revisión Crítica, Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (2005), v. 2, n. 2, pp. 121-140.
- BAZZO, W. A. A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica. Revista Iberoamericana de Educación, n. 28, p. 83-99, 2002.
- FREIRE, P. Pedagogia do oprimido, 44ª edição, Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2006.
- LUJÁN LÓPEZ, J. et al. Ciencia, Tecnología y Sociedad : una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Madrid: TECNOS, 1996.
- PINHEIRO, N. A. M., SILVEIRA, R. M. C. F., BAZZO, W. A., Ciência, Tecnologia e Sociedade: A Relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. Ciência e educação, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.
- Princípios Norteadores das Engenharias nos Institutos Federais (MEC-SETEC), out. de 2008.
- Parecer CNE/CES 1362/2001. Publicado no Diário Oficial da União de 25/02/2002. Seção 1, p. 17.
- VIEIRA, C. T. e VIEIRA, R. M. Construção de práticas didático pedagógicas com orientação CTS: Impacto de um programa de formação continuada de professores de ciências do ensino básico. Ciências e educação, v. 11, n. 2, p. 191-211, 2005.