

## **A CONTRIBUIÇÃO DO ENFOQUE CTS PARA A ABORDAGEM DA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL NO ENSINO DE ENGENHARIA**

### **THE CONTRIBUTION OF THE CTS FOCUS AS AN APPROACH TO ENVIRONMENTAL ISSUES IN THE TEACHING OF ENGINEERING**

**Marcia Regina Carletto<sup>1</sup>, Walter Antonio Bazzo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Autor para contato: Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica - PPGECT - UFSC / Bolsista CNPq/Brasil; Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Ponta Grossa, PR, Brasil; (42) 3226-5257; e-mail: mrcarletto@uol.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Departamento de Engenharia Mecânica/NEPET, Florianópolis, SC

*Recebido para publicação em: 29/05/2006*

*Aceito para publicação em: 05/10/2006*

#### **RESUMO**

Este trabalho apresenta o enfoque CTS como via de abordagem da problemática ambiental no contexto da educação realizada nas escolas de engenharia. Traz como um de seus pressupostos a complexidade, que impede a abordagem de temas ambientais sem as necessárias conexões com outras esferas (social, política, econômica, histórica, cultural). Na perspectiva de uma educação crítico-reflexiva, pretende-se neste trabalho apresentar um estudo sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade, das quais emergem, também, as questões ambientais. Utiliza-se o relato de metodologias de inserção CTS na educação tecnológica, contextualizada com referenciais sobre visões de mundo. Destaca-se a contribuição desse enfoque como meio de estimular a interpretação de tecnologias e suas repercussões na sociedade, de identificar seus limites e poderes e de orientar novos valores e novos modos de produção em bases sustentáveis, pertinentes à adequação que a capacitação tecnológica requer.

**Palavras-chave:** ensino de engenharia, CTS, ambiente.

#### **ABSTRACT**

This study presents the CTS focus as an approach to environmental issues in the educational context of Engineering Schools. It works on the assumption that any approach to environmental themes must have the necessary connections with

other spheres (social, political, economical, historical and cultural). From a critical and reflexive perspective of education, we intend to present a study about the interactions among science, technology and society, from which the environmental issues immerge as well. We use the report of CTS insertion methodologies in technological education, in a context of references to visions of the world. The contribution of this focus is emphasized as a means to encourage the interpretation of technologies and their repercussions on society, to identify their limits and power, to guide new values and new ways of production on a sustainable basis, always keeping in mind the adequacy that the technological qualifying process requires.

Key words: the teaching of engineering, CTS, environment.

## 1. Introdução

O presente trabalho argumenta em favor da utilização do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade - CTS para a abordagem da problemática ambiental nos cursos de engenharia. Sabe-se que a aprendizagem ambiental é uma das vertentes necessárias à formação do engenheiro, uma vez que sua prática profissional se encontra relacionada com a utilização de recursos do ambiente, implementação de tecnologias e satisfação de necessidades e interesses da sociedade. Não se deseja aqui, afirmar que o *Know How* técnico seja dispensável à formação do engenheiro, ao contrário, a intenção é ultrapassar, transcender a formação técnica e propiciar ao aluno de engenharia percepções mais críticas das interações que permeiam as questões ambientais.

Desde os anos 60 os problemas relativos ao ambiente vêm se agravando, caracterizados por contaminações do ar, água, solo; esgotamento dos recursos naturais e perda da biodiversidade. Desequilíbrios determinados pela explosão demográfica, consumismo exacerbado, atividades empresariais e tecnológicas predatórias, que deflagraram uma crise ambiental sem precedentes. Contudo, um movimento de reordenação está em curso e requisita da educação em geral e mais particularmente da educação científica e tecnológica a emergência de seu vir a ser. Pois, se por um lado, o desenvolvimento tecnocientífico possibilitou um avanço de conhecimentos acerca das questões ambientais, por outro lado, esse conhecimento ainda não é utilizado de maneira adequada e favorável ao equilíbrio almejado.

No bojo dessa questão se encontram contradições que o aprimoramento tecnológico não tem dado conta de resolver e, apesar de se justificar na garantia de qualidade de vida e mais conforto, existem paradoxos como a exclusão social e degradação ambiental que são duras realidades que contradizem a modernidade. Assim, permeando a realidade social e tecnológica, a problemática ambiental, de forma emergencial, requisita o esforço de conscientização das mentes, no sentido de construção de um novo entendimento de ambiente, que privilegie a sua multidimensionalidade.

Do ponto de vista da problemática ambiental, é fundamental adentrar ao campo de estudos de outras ciências e esferas e ultrapassar as fragmentações que separam o homem da natureza e lhe conferem o poder de dominação. É preciso evoluir para a compreensão da realidade, e para uma percepção de mundo mais integrada. Almeja-se o desenvolvimento de nova aptidão, como a preconizada por Morin (2001, p.25) “capaz de produzir um pensamento ecologizante, no sentido de inseparabilidade do conhecimento com seu meio ambiente – cultural, social, econômico, político, natural – o pensamento complexo”. É nessa perspectiva que se evidenciam as novas possibilidades que poderão ser introduzidas pela operacionalização de estudos CTS no ensino de engenharia, as quais contemplando, entre outros, os temas ambientais, abrem novos espaços para interações, e para a implementação de um novo fazer pedagógico, mais crítico e contextualizado.

O texto explora inicialmente alguns princípios que fundamentam a intencionalidade do processo de formação do engenheiro, apresenta metodologias con-

cernentes à inserção do enfoque CTS na educação científica e tecnológica, assim como as contribuições desse enfoque para a abordagem da problemática ambiental no ensino de engenharia.

## 2. Ensino de engenharia, CTS e ambiente

O aprofundamento teórico-reflexivo que respalda a busca por metodologias adequadas para tratar da dimensão ambiental nos cursos de engenharia, remete a constantes indagações sobre como proceder para viabilizar a compreensão do processo tecnológico em suas implicações e promover a avaliação dos impactos positivos e negativos resultantes da produção, gestão e incorporação de tecnologias.

Sabe-se que os temas ambientais já integram os currículos dos cursos de engenharia, mas ainda de forma fragmentada. Geralmente tratados em disciplinas optativas e /ou abordando questões referentes a NBR ISO 14000, sua estrutura e aplicação ao aparato produtivo, numa perspectiva reguladora que remete à identificação de aspectos / impactos ambientais, controle e minimização de impactos, correção de não conformidades, legislação, SGA - Sistema de Gestão Ambiental e Auditoria. É evidente que são temas indispensáveis à formação do engenheiro, mas não suficientes para permitir o avanço a níveis mais complexos de entendimento.

Tomando-se como base as diretrizes curriculares nacionais (BRASIL-MEC, 2002) que determinam como deveres da educação científica e tecnológica, entre outros: “Incentivar a compreensão do processo tecnológico, em suas causas e efeitos e propiciar a compreensão e a avaliação dos impactos sociais, econômicos e ambientais resultantes da produção, gestão e incorporação de novas tecnologias”, evidencia-se a necessidade de desenvolver clareza sobre as inter-relações presentes nos conflitos sócio-ambientais, compreensão dos fatores que os fizeram emergir e a incorporação dessa temática nos currículos da Educação Científica e Tecnológica de forma integrada.

Essa mesma demanda é apontada por Bazzo (1998, p.114), quando diz que:

as avaliações da ciência e da tecnologia e de suas repercussões na sociedade precisam seguramen-

te tomar rumos mais claros e intensos nas atividades didáticas. Estes debates e discussões têm se tornado permanente na grande maioria das instituições de ensino no mundo todo, realçando a sua pertinência e reforçando a necessidade de seguir o mesmo caminho nas escolas que trabalham a ciência e a tecnologia no Brasil. E não se trata de avaliar apenas os possíveis impactos que a ciência e a tecnologia causam e causarão na vida de todos nós, mas sim, e principalmente, descobrir o irreversível a que tais usos nos conduzirão.

Assim, importa oferecer aos futuros engenheiros condições metodológicas para realizar uma aprendizagem significativa para que possam compreender a complexidade do ambiente ao mesmo tempo em que avaliam a tecnologia de forma sistêmica, de modo a identificar seus limites e poderes. Remete também para o fato da educação e da tecnologia serem construídas através de um processo dinâmico que vai além da idéia de preparação adequada de recursos humanos para o preenchimento de vagas e aplicação de técnicas e, por conseguinte, requisita interpretação, reflexão crítica e compreensão do ambiente em que o homem se circunscreve.

Nesse sentido, a reflexão-crítica é citada por Bastos (1998) como indispensável para indicar caminhos e horizontes e sugere a busca por conceitos e conteúdos, não somente de formação profissional como qualificação para o trabalho, mas, principalmente de encontro à totalidade do homem e de sua capacidade de compreensão do mundo técnico, social, cultural e ambiental. A postura crítica é que situará o indivíduo no seu valor pessoal, experimentada na prática e transmitida conscientemente na sua relação com o trabalho.

A reflexão crítica se caracteriza como uma tentativa de superação do modo de vida capitalista, que tem neutralizado o sentido de questionamento do ser humano, tirando-lhe condições de interpretar, compreender e prever: para quem e para quê servem as tecnologias. Esse argumento enfatiza a precariedade de compreensão, de toda a rede de interconexões presentes na aplicação e desenvolvimento de tecnologias, do seu papel político e transformador.

Maturana e Varela (1995, p.264), alertam para o fato de que: “No cerne das dificuldades do homem

moderno está seu desconhecimento do conhecer”. Essa afirmação, leva ao questionamento de como chegamos a essa dificuldade e o que devemos fazer para superá-la.

A primeira questão remete às influências da fragmentação, que freqüentemente privilegia os aspectos técnicos do conhecimento em detrimento dos valores, da ética e da crítica reflexiva. Poucas são as atividades educacionais, práticas ou teóricas que incitam à reflexão da realidade, o conhecimento da complexidade da vida, da nossa própria natureza, do nosso lugar no mundo. Alerta que os problemas de nossa época não podem ser entendidos isoladamente, porque estão interligados e são interdependentes, ou seja, são problemas sistêmicos. A despeito disso, Bastos (1998), destaca:

a importância da aproximação do entendimento dos avanços científicos e tecnológicos com o saber dos “aplicadores” de tecnologias, sejam eles estudantes, docentes, pesquisadores ou quaisquer outros trabalhadores, a fim de informá-los sobre seu papel na transformação técnica da produção e do trabalho, e capacitá-los para discernir entre técnicas que contribuam para o aumento ou a diminuição das desigualdades sociais.

Cabe o alerta de que não é só a ciência e a tecnologia que definem as mudanças sociais e a evolução da técnica, outros fatores do tipo valorativo, cultural, social, político e econômico desempenham papel decisivo na criação e no desenvolvimento do aparato tecnocientífico, e certamente é esta vertente que requer aprofundamento na formação do engenheiro.

Ciência, tecnologia e sociedade exercem influências recíprocas que co-determinam mudanças e avanços, que podem expressar interesses autênticos, visando benefícios sociais amplos ou beneficiar apenas um segmento ou setor, como: o econômico, político ou empresarial, determinando marcos de poderes e imposição de valores. É nesse sentido que a análise das relações entre ciência, tecnologia e sociedade precisa ser feita de forma não-linear, a fim de contemplar o processo científico e tecnológico e contextualizá-lo com o macro social, considerando a realidade atual, os interesses legítimos da sociedade e o que é determinado pelas ações dos que inovam e trabalham com

artefatos tecnológicos.

Assim sendo, as imbricadas relações presentes no trinômio ciência-tecnologia-sociedade tornaram-se um importante campo de estudo, que pode propiciar mais clareza nas tomadas de decisões e direcionar para um novo modelo educacional, participativo e democrático em busca de um entendimento maior sobre as ciências e as tecnologias de modo a analisá-las, avaliá-las, definir os valores aí implicados e tomar decisões mais coerentes, menos predatórias e mais favoráveis à ética que a sociedade requer.

Em função de suas características contextualizadoras e integradoras, destaca-se o estudo CTS como gerador de conteúdos capaz de permear a Educação científica e tecnológica e trazer à tona questões fundamentais e complementares à formação do engenheiro, como a abordagem da problemática ambiental destacada nesse estudo.

O enfoque CTS diz respeito ao estudo das relações presentes entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, pode-se dizer ainda que é o estudo social da ciência e da tecnologia. Nesse sentido, Bazzo (2002) afirma que em linhas gerais, CTS pode ser entendido como uma área de estudos onde a preocupação maior é tratar a ciência e a tecnologia tendo em vista suas relações, conseqüências e respostas sociais que podem ser caracterizadas por inúmeras temáticas com uma preocupação comum: uma forte interdisciplinaridade, ou transdisciplinaridade, de suas bases epistemológicas.

Com o intuito de evidenciar o potencial que o enfoque CTS possui para possibilitar que a abordagem da problemática ambiental permeie a formação do engenheiro, faz-se necessário abordar as visões de mundo como determinantes das tomadas de decisões e a complexidade como fundamento para a compreensão mais integrada da vida e do sistema social humano.

### 3. Visões de mundo e complexidade

O ponto de partida das discussões sobre Educação e Problemática Ambiental deve ser sempre a identificação da concepção que se tem de meio ambiente, pois dependendo da forma como se compre-

de uma questão, é como se relaciona com ela e como se definem suas soluções.

O termo “meio ambiente” carrega em si uma complexidade, uma amplitude que nem sempre é percebida, devido às características instrumentais e reducionistas de nossa formação. Essa complexidade é bem definida por Godard (1984 apud Moraes, 1995)<sup>1</sup>, “que se refere a meio ambiente como um conceito relacional, ou seja, sua definição depende do sistema considerado inicialmente, como ponto de identificação de um domínio de existência desse sistema e do modo de ligação que ele estabelece como aquilo que se manifesta como seu meio ambiente”.

O autor indica que no caso do nosso meio ambiente, a referência deve ser o Sistema Social Humano caracterizado pelos homens e suas atividades sociais, econômicas e culturais. E que, a relação entre o sistema e o seu meio ambiente gera uma estrutura hierárquica paradoxal. Primeiro, o meio ambiente e o sistema de referência aparecem como duas coisas separadas, (visão naturalista). Segundo, o meio ambiente como sistema englobante, que não pode ser compreendido sem se incluir o sistema de referência que faz parte dele (visão Globalizante).

Assim, encontramos duas concepções de meio ambiente, a naturalista e a globalizante. A primeira é uma concepção que separa o homem da natureza, por isso uma visão fragmentada. A segunda é uma visão mais integrada, globalizante. É a visão que faz referência ao meio ambiente humano, a qual permite compreender a complexa rede de interações e que poderá conduzir a uma visão sistêmica.

Esses dois tipos de concepção de meio ambiente podem ser associados a diferentes visões de mundo. Conforme afirmação de Moraes (2003, p.3), “as visões de mundo irão fundamentar e direcionar as atitudes (posicionamento diante de um assunto que leva à tomadas de decisões), que resultarão no comportamento (ação). As atividades dos seres humanos (comportamento individual e coletivo) determinam os modelos de desenvolvimento das sociedades humanas que dão origem às diversas formas de organização humana (social, econômica, política e cultural)”.

Para o autor em tela, as visões de mundo fragmentadas e baseadas em processos de dissociação são incompatíveis com a devida compreensão do mundo em que vivemos e resultam em atitudes e comportamentos imediatistas, individuais ou corporativos, normalmente sem nenhuma consideração histórica, prospectiva ou ambiental. Em consequência dessa visão o estilo de desenvolvimento humano tem se caracterizado pela exclusão, predação e injustiça social.

A mesma percepção que estimulou o questionamento e discussão sobre o papel da educação na construção de visões de mundo, no sentido de superar a visão fragmentada, leva agora à reflexão sobre alguns fundamentos da complexidade.

A complexidade é o ponto central do pensamento de Morin (1999), que aborda o todo como uma unidade complexa. Nesse sentido, o todo não se reduz à mera soma das partes que o constituem. É mais do que isto, pois cada parte apresenta sua especificidade e em contato com as outras se modificam ao mesmo tempo em que modificam o todo.

Dessa forma, cada característica específica ou isolada, contribui para a visão e compreensão do conjunto, na dimensão da complexidade do ser e do saber. Onde as reflexões tomam lugar para propiciar a compreensão da lógica presente no nosso mundo complexo, compreensão dos sistemas vivos em todos os seus níveis (organismo, ecossistema, organizações sociais e seus processos), os quais jamais poderão ser entendidos separadamente, pois o pensamento complexo é aquele capaz de considerar todas as influências recebidas; internas e externas, já que o cerne do pensamento complexo é distinguir e não separar.

Sabe-se, no entanto, que o conhecimento do complexo, não garante por si só a superação dos problemas relacionados ao sistema social humano, apesar do entendimento crítico das relações entre os componentes físico-químicos, biológicos e humanos se constituir em um caminho para a efetivação de mudanças.

Segundo os argumentos de Azevedo (1996, p.12) “é necessário registrar que ‘os modos de fazer’ resultante da estrutura escolar tradicional produzem uma cultura escolar hegemônica, responsável em grande

<sup>1</sup> MORAES, E. C. de. A compreensão da problemática ambiental: condição fundamental para seu enfrentamento. (DIGIT) UFSC/BASIL, Santa Catarina, 1995.

parte pela fragmentação do conhecimento e pela formação de uma visão da realidade, onde se perde a historicidade, as relações do contexto sócio-cultural, com o cotidiano e com o macro-social, inviabilizando ou dificultando a visualização de um projeto global de sociedade e desconstituindo as utopias”.

É importante frisar que grande parte dessas influências se encontra fortalecida pela cultura vigente, previamente moldada por políticas educacionais disseminadas nos currículos e repassadas aos estudantes pelo sistema escolar, na medida em que reproduz as visões de mundo fragmentadas e tem como objetivo atender à sociedade.

Para complementar essa idéia, Morin (1996) ressalta que as questões fundamentais ou são abandonadas pela educação, ou são abordadas de forma vaga, abstrata, não operacional, *a priori* desqualificadas, o que contribui para o desenvolvimento de uma ciência inconsciente. Entretanto, na visão do autor, o papel transformador da escola indica que o campo educativo se configura como espaço de articulação para a compreensão da realidade.

Paradoxalmente, a preocupação maior está em adequar a educação às demandas do mercado, ante as exigências de novas habilidades para a formação profissional, como requisitos indispensáveis à reestruturação produtiva. Nesse sentido Frigotto (1996, p.148) nos aponta que “no campo educativo desenvolve-se um discurso tanto pelo governo como pelos empresários da necessidade de formação científica e tecnológica de alto nível que forme trabalhadores polivalentes e com elevado grau de abstração”. Ao mesmo tempo em que os teóricos das ciências sociais e da educação (Bastos, 1998; Morin, 1996; Maturana e Varela, 2001; Montibeller Filho, 2004), entre outros, alertam para a emergência de uma educação transformadora, para a promoção, não só do desenvolvimento da reflexão e da crítica, mas que leve também à compreensão do contexto histórico do desenvolvimento, que vincule a correspondência dos conteúdos com os interesses do aluno e da coletividade e que, sobretudo, possibilite a compreensão da significação humana na estrutura social e na vida.

O entendimento de que a problemática ambiental necessita de espaço no currículo dos cursos de engenharia e que deve ser tratada de forma contextualizada a partir de um enfoque sistêmico, como é requerido

pela educação científica e tecnológica, converge para o enfoque CTS, por este contribuir com a formação de visões de mundo mais integradas. Desse modo, passa-se a apresentar metodologias CTS para a abordagem ambiental no ensino de engenharia.

#### 4. Metodologia para introdução do enfoque CTS

Antes de abordar o contexto metodológico, deve-se ressaltar algumas questões ligadas aos aspectos didáticos a que as metodologias CTS estão circunscritas, como as que se referem à preparação dos professores, de modo a propiciar bases teóricas para a aplicação prática do enfoque CTS, como sugerido por Bazzo *et al.* (2003) quando diz que é importante entender que o objetivo geral do professor é a promoção de uma atitude criativa, crítica e ilustrada, na perspectiva de construir coletivamente a aula e em geral os espaços de aprendizagem. Em tal “construção coletiva” trata-se, mais que manejar informações, de articular conhecimentos, argumentos e contra-argumentos, baseados em problemas compartilhados, nesse caso relacionados com as implicações do desenvolvimento científico-tecnológico.

Os autores ressaltam também, a importância de questionar criticamente O quê trabalhar? Por quê? Como? E Para quem? Por serem essas perguntas revestidas de caráter fundamental na elaboração de conteúdos programáticos. E por existirem diferenças essenciais entre ensinar e aprender ciência e tecnologia no seu âmbito mais interno, ou discuti-la de forma contextualizada com suas repercussões políticas e sociais. Essa definição de prioridades torna-se, portanto imprescindível nesse enfoque.

O processo de construção da aula deverá ser coletivo, por isso deverá ocorrer uma transferência da autoridade do professor e dos temas para o individual e coletivo. Dessa forma o professor deixará de ser o distribuidor de informação sistematizada e passará a ser um facilitador do processo de aprendizagem, que acontecerá a partir da contextualização dos temas escolhidos coletivamente considerando-se a realidade do aluno e metodologias apropriadas aos objetivos previstos.

As metodologias para se introduzir a perspectiva CTS no ensino de engenharia são diversas e podem ser caracterizadas como complemento curricular; como disciplinas optativas, ou ainda, como eixo transversal para matérias técnico-científicas; podendo ser ainda, introduzida como disciplina de pós-graduação. No entanto, a literatura cita três tipos de metodologias, apresentadas por Bazzo *et al.* (2003, p.148) como experiências mais conhecidas e empregadas, tanto no Brasil como no mundo, a saber:

**1- Enxerto CTS.** Trata-se de introduzir nas disciplinas de ciências dos currículos temas CTS, especialmente relacionados com aspectos que levem os estudantes a serem mais conscientes das implicações da ciência e da tecnologia. Exemplos dessa linha de trabalho são os projetos SATIS e “Harvard Project Physics”, nos Estados Unidos. O projeto SATIS consiste em pequenas unidades CTS, elaboradas por docentes, que desde 1984 publicaram mais de cem destas unidades, cuja utilidade principal é complementar os cursos de ciências. Alguns títulos são: o uso da radioatividade, a reciclagem do alumínio, a chuva ácida e o tratamento de resíduos sólidos.

**2- Ciência e tecnologia através de CTS.** Ensina-se mediante a estruturação dos conteúdos das disciplinas de cunho científico e tecnológico, a partir de CTS ou com orientação CTS. Essa estruturação pode ser levada a cabo tanto por disciplinas isoladas como através de cursos multidisciplinares, inclusive por linhas de projetos pedagógicos interdisciplinares. Um exemplo do primeiro caso é o programa holandês conhecido como PLON (Projeto de Desenvolvimento Curricular em Física). Trata-se de um conjunto de unidades onde em cada uma delas tomam-se problemas básicos relacionados com os futuros papéis dos estudantes (como consumidor, como cidadão, como profissional); a partir daí seleciona-se e estrutura-se o conhecimento científico e tecnológico necessário para que o estudante esteja capacitado para entender um artefato, tomar uma decisão ou entender um ponto de vista sobre um problema social relacionado, de algum modo, com a ciência e com a tecnologia.

**3- CTS puro.** Significa ensinar CTS onde o conteúdo científico passa a ter um papel subordinado. Em alguns casos o conteúdo científico é incluído para enriquecer a explicação dos conteúdos CTS em sentido estrito, em outros as referências aos temas científicos

ou tecnológicos são apenas mencionadas, porém não são explicadas. O programa mais representativo de CTS puro é SISCON na escola. Trata-se de uma adaptação para a educação secundária do programa universitário britânico SISCON (ciência no contexto social). Na educação secundária SISCON é um projeto que usa a história da ciência e da sociologia da ciência e também da tecnologia para mostrar como as questões sociais vinculadas à ciência e à tecnologia foram abordadas no passado, ou como se chegou a situações problemáticas no presente.

Como o interesse desse estudo está focado nas possibilidades das metodologias CTS abrirem espaço para a abordagem da problemática ambiental nos cursos de engenharia, privilegia-se aquelas metodologias com maior capacidade de integração, que geram condições de comunicação entre as disciplinas, favorecendo uma orientação transdisciplinar da dimensão sócio-ambiental.

Assim, no conjunto das descrições, enfatiza-se o enxerto CTS como campo de estudo apropriado para abordar a problemática ambiental dentro do curso de engenharia. Nesse sentido, Osório (2002) descreve como característica marcante dessa metodologia, a possibilidade de levar a reflexões mais amplas sobre os objetos e processos técnicos em sua inserção social, a partir de problemas técnico-científicos relevantes.

Segundo o autor o enxerto CTS oportuniza o estudo de casos fictícios ou reais, que determinam o desenvolvimento de controvérsias CTS, sendo que uma base epistemológica para essa didática pode ser a metodologia de origem espanhola, conhecida como Avaliação Construtiva de Tecnologias, que toma a vez da tradicional avaliação por Custo / Benefício, em que um projeto acontece se os benefícios forem maiores que os custos, sem levar em consideração outras perspectivas, a não ser a do lucro imediato. O ganho com a avaliação construtiva de tecnologias é a possibilidade de avaliação dos interesses dos atores sociais afetados, análise dos diferentes efeitos e impactos da tecnologia em estudo, suas conseqüências e possíveis alternativas.

Os alunos por sua vez, se mostram muito motivados a participar desse tipo de proposta, pelo fato dessa atividade promover a discussão de valores controversos dentro da sociedade e da realidade onde estão inseridos, dinamizando a aula e levando os alu-

nos a refletir, confrontar dados, identificar impactos, benefícios ou interesses escusos, abrindo ao debate, simulando discussões públicas, permitindo a evolução para o posicionamento crítico e em acréscimo à tomada de decisões. Esse tipo de atividade se constitui em um exemplo claro de avaliação construtiva da tecnologia, em função de seu caráter avaliativo e prospectivo.

À guisa de exemplo, sugere-se esta metodologia para tratar de uma unidade curricular ligada à inovação tecnológica. Normalmente durante o desenvolvimento curricular relacionado ao processo de inovação tecnológica, os alunos recebem base teórica a respeito da gestão da tecnologia voltada para o desenvolvimento da criatividade, visando à solução de problemas tecnológicos e desenvolvimento de produtos. Porém, nenhuma fundamentação é dada, no sentido de levar o aluno a refletir sobre as implicações dessas inovações, que por mais inofensivas que pareçam, poderão estar gerando implicações de várias ordens.

Os resultados obtidos pelos egressos dos cursos de engenharia têm comprovado que muito pouco se questiona sobre as implicações sociais dos aparatos tecnológicos. Sendo que, uma forma simplificada de promover a reflexão crítica e contribuir para a formação de visões de mundo mais integradas, seria a aplicação de estudo de casos simulados.

Ainda pode-se relacionar à abordagem CTS algumas atividades didáticas citadas por Bazzo *et al.* (2003), como:

**1-Articulação monográfica:** articula unidades de estudo que envolvem casos familiares aos estudantes com temas CTS;

**2-Seminários participativos:** propõe trabalhos em grupo, onde se aprende a debater e formular opiniões argumentadas sobre temas ou problemas CTS; e

**3-Ensaio crítico:** Os estudantes elaboram textos curtos estabelecendo posicionamentos críticos e analíticos sobre temas relacionados à ciência, tecnologia e sociedade, e

**4-Ciência ao vivo:** baseia-se em visitas a laboratórios, complexos industriais, ..., visando a construção de relações com a atividade científica.

Como o CTS requer a construção coletiva dos temas de estudos e oportuniza o trabalho em grupo, outras metodologias oportunas podem ser utilizadas, pois a discussão coletiva e o consenso levam a uma

construção criativa, abrindo espaço para diversificações didático-metodológicas e dão novo contorno ao ensino ao adaptar-se às necessidades temáticas que as diferentes disciplinas requerem, sem desvincular-se do contexto histórico e da realidade a que estão circunscritas.

No que diz respeito à dimensão ambiental os argumentos até aqui apresentados resultam de estudos, percepções e vivências que trazem à tona a pertinência das práticas acima citadas, as quais são relatadas a seguir como contribuições do enfoque CTS para a abordagem ambiental no ensino de engenharia.

## 5. Contribuições do enfoque CTS

Inicialmente serão apresentadas contribuições gerais, que a inserção do enfoque CTS pode proporcionar aos cursos de engenharia, como: a superação da abordagem estritamente disciplinar e conteudista; a flexibilização dos conteúdos curriculares, que permite um enfoque mais atualizado das disciplinas técnico-científicas; maior motivação e interesse por parte dos alunos em estudar e buscar fundamentos ligados à ciência e à tecnologia e a contextualizá-los com os problemas atuais do setor produtivo; renovação pedagógica, já que os professores envolvidos deverão estar preparados e adequadamente dispostos para fornecer ambiente favorável ao estudo CTS, sendo que a mudança docente desencadeará também um processo de maior produtividade prática discente, maior capacidade reflexiva e, por conseguinte, um novo proceder, desejável ao perfil do engenheiro cidadão.

Nessa perspectiva, pode-se relacionar ganhos **organizacionais**, em decorrência de um novo proceder pedagógico, que exige flexibilização curricular, planejamento, atualização científica, entre outros, resultando em aumento da qualidade das aulas e do corpo docente; **ganhos cognoscentes**, decorrentes da aprendizagem significativa que se instala a partir da busca por soluções de problemas, interação com outras disciplinas de áreas distintas do saber, favorecendo o pensamento complexo, prospecção e proposições de soluções alternativas; e **ganhos comportamentais**, promovidos pela avaliação produtiva da tecnologia em seu contexto social, estimulada por simulações reais

ou fictícias, estudos de caso que ultrapassam os limites da sala de aula e colaboram para a formação de visões de mundo globalizantes e determinam a tomada de decisões mais conscientes e responsáveis.

Acevedo (2002) corrobora com essas afirmações ao dizer que a perspectiva CTS permite ir além do mero conhecimento acadêmico da ciência e da tecnologia, dando espaço aos problemas sociais relacionados com o científico e o tecnológico, contribuindo assim, para a construção de atitudes, valores e normas de conduta e para a formação de cidadãos com base para atuar, responsabilmente, na sociedade.

Da confluência das contribuições acima enumeradas, emerge um espaço educativo positivo e sutil; caracterizado pela possibilidade da ação-reflexão-ação e da intervenção, espaço este apropriado à abordagem ambiental, que se efetiva a partir da conexão com outras esferas (social, política, econômica, histórica e cultural). De onde decorre que metodologias CTS contribuem para que os alunos desenvolvam percepções mais complexas da realidade e visões de mundo mais integradas, adequadas ao entendimento de como as questões ambientais se inserem, interagem e derivam de modelos tecnocientíficos.

Alguns resultados do estudo apresentado por Carletto (1999), confirmam que alunos envolvidos com atividades integradoras, empenhados no exercício da reflexão crítica, da problematização e do levantamento de soluções, que em conjunto exigem a conexão com várias áreas do conhecimento, desenvolvem mais facilmente uma autonomia intelectual, força reivindicatória e legitimação para interferir nos espaços públicos. Sabe-se que esta é uma conquista gradativa, que se concretizará na medida em que se estabelecerem relações entre os conteúdos curriculares e problemas de causa e efeito vinculados ao sistema social humano, o que qualifica o enfoque CTS como via segura de acesso para abordagem ambiental na educação profissional e tecnológica.

## Conclusões

Os resultados desse estudo apresentam contribuições do enfoque CTS para a abordagem ambiental

nos cursos de engenharia. O ponto inicial das argumentações aqui colocadas foi que a dimensão ambiental necessita ser contemplada na formação do engenheiro em função da aproximação existente entre o setor produtivo e os impactos que desencadeiam a degradação ambiental.

Considera-se que essa problemática deriva em grande parte de visões de mundo fragmentadas, que determinam o ambiente como algo separado de nós. As questões ambientais abordadas nos cursos de engenharia, normalmente vêm embutidas em concepções reducionistas e ainda pautadas em tentativas de dominação e controle da natureza. Transcendendo a essa perspectiva, encontram-se propostas educacionais ligadas a uma nova postura educacional, que além do aporte técnico-científico têm condições de possibilitar ao aluno o desenvolvimento de uma percepção mais coerente da natureza da ciência e da tecnologia, onde se inserem inúmeras questões de cunho social, cultural, político, econômico, histórico e ambiental. Esse processo educativo vem sendo chamado de alfabetização científica e tem por finalidade desmistificar a idéia de neutralidade da ciência e da tecnologia e de outras concepções a elas atreladas, que impedem percepções do real e a superação das contradições subjacentes ao sistema social humano.

A necessidade de inovação do processo educativo foi aqui enfatizada, e requer o esforço da preparação adequada dos docentes, no sentido de construção de uma formação integral do engenheiro a partir de metodologias que facilitem e motivem a reflexão crítica, a formação de visões de mundo mais integradas, a intervenção social e a tomada de decisões democráticas. Embutida nestas questões está a abordagem ambiental, que necessita de um campo aberto, positivo e interativo, para o desenvolvimento de percepções mais amplas e mais críticas para o entendimento de sua complexidade.

Por fim, enfatiza-se que a abordagem CTS possui metodologias que podem contribuir para potencializar a formação do engenheiro para uma nova realidade, como apresentado ao longo do texto. Salienta-se, também que as mudanças são graduais, exigem comprometimento, vontade política e não significam o descarte das conquistas já alcançadas, pois estas são os referenciais que possuímos na direção do novo.

## REFERÊNCIAS

1. ACEVEDO, D. J. A. **Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS**. Disponível em: <<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo2.htm>>, acesso em 17/04/2004.
2. AZEVEDO, J. C. de. Introdução. In: SILVA, L. H.; AZEVEDO, J. C. e SANTOS, E. S. dos (orgs.). **Novos mapas culturais novas perspectivas educacionais**. Porto Alegre: Sulina, 1996. p.11-13.
3. BASTOS, J. A. A educação tecnológica: fundamentos, perspectivas e prospectivas. **Tecnologia & Interação**, Curitiba CEFET-PR/BRASIL, Coletânea “Educação e Tecnologia” CEFET-PR, p.31-52, dez.1998.
4. BAZZO, W. A. A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica. **Revista Iberoamericana de Educação Tecnológica**, n. 28, Janeiro-abril, Madri – Espanha, 2002. Disponível em <<http://www.campus-oei.org/revista/rie28f.htm>>, acesso em 07/03/2004.
5. \_\_\_\_\_. **Ciência, tecnologia e sociedade: o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: ed. da UFSC, 1998. 319p.
6. BAZZO, W. A; von LINSINGEN, I., e TEIXEIRA, L. Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade). **Cadernos de Ibero-América**, Madri, Espanha: OEI – Organização dos estados Ibero-americanos para a educação, a ciência e a cultura., 2003. 170p.
7. BRASIL – MEC – Ministério de Educação, CNE – Conselho Nacional de Educação – Diretrizes Curriculares – Nível Tecnológico. Resolução CNE/CP nº3 de 18/12/2002.
8. CARLETTO, M. R. **Abordagem ambiental: perspectivas e possibilidades de uma prática pedagógica integradora**. Curitiba, 1999, 137p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia, área de concentração Educação Tecnológica), CEFET-PR.
9. FRIGOTTO, G. Cidadania e formação técnico-profissional: desafios neste fim de século. In: SILVA, L. H.; AZEVEDO, J. C. e SANTOS, E. S. (orgs.). **Novos mapas culturais novas perspectivas educacionais**. Porto Alegre: Sulina, 1996. p. 137-164.
10. MATURANA, H. R; VARELA, F. G. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas do entendimento humano**. Campinas, SP: Palas Athena, 2001. 288p.
11. MONTIBELLER Fº., G. **O mito do desenvolvimento sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias**. 2 ed. rev. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2004. 306p.
12. MORAES, E. C. de. **Abordagem relacional: uma estratégia pedagógica para a educação científica na construção de um conhecimento integrado**. In: Atas IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências 2004, CD-Rom, Bauru, SP.
13. MORIN, E. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**. 5ª ed. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 2001.128p.
14. \_\_\_\_\_. **Organization and complexity**. Annals of the New York Academy of Si. 1999, 879, p.115-121.
15. \_\_\_\_\_. **Ciência com consciência**. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 1996. 344p.
16. OSÓRIO, C. M. La educación científica Y tecnológica desde el enfoque en ciencia, tecnología y sociedad. **Revista Iberoamericana de Educação Tecnológica**, n. 28, Janeiro-abril, Madri – Espanha, 2002. Disponível em <<http://www.campus-oei.org/revista/rie28f.htm>>, acesso em 15/03/2004.