



O ENFOQUE CTS E A FORMAÇÃO EM ENGENHARIA: CONVERGÊNCIAS CURRICULARES

Irlan von Linsingen – linsingen@emc.ufsc.br

Luiz Teixeira do Vale Pereira – teixeira@emc.ufsc.br

Walter Antonio Bazzo – wbazzo@emc.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Departamento de engenharia Mecânica

NEPET – Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica

Campus Universitário – Trindade

88.040-900 – Florianópolis – SC

***Resumo:** Abordagens e questionamentos relativos ao atual modelo de ensino de engenharia, ainda escassos, têm sido realizados de forma eminentemente empírica e em certo sentido amadorística. Em princípio, não há nada a opor à coisa empírica. Se a questão é educação, mais cedo ou mais tarde acaba-se mesmo passando por esse estágio. O problema aparece quando, no momento em que se dão esses estudos, eles acontecem destituídos do mesmo rigorismo reservado a outros procedimentos profissionais, como os que são adotados para a avaliação dos trabalhos de pesquisa acadêmica. Neste artigo são apresentadas características do enfoque CTS e o que ele apresenta para transformações significantes no ensino de engenharia, na perspectiva de atendimento do que é proposto nas novas diretrizes curriculares. Trata-se de tornar aparentes alguns possíveis obstáculos interpostos à educação em engenharia como consequência da assunção de uma concepção restrita das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e natureza, que orienta implicitamente os processos de formação das capacidades na engenharia. Extraem-se do enfoque CTS contribuições para a incorporação de fatores explicativos das múltiplas imbricações da engenharia, numa dimensão até agora mantida apartada do ensino de engenharia por supostamente não lhe dizer respeito, que é a dimensão sócio-eco-sistêmica da tecnologia.*

***Palavras-chave:** Educação tecnológica, Currículo, Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), Inovação social*

1. ORIGENS E DESDOBRAMENTOS DO MOVIMENTO CTS

Os estudos CTS, ou estudos sociais da ciência e da tecnologia, embora não sejam novos, começam a tomar um novo e importante rumo a partir de meados de 1960 e início dos anos 70, como resposta ao crescimento do sentimento generalizado de que o desenvolvimento científico e tecnológico não possuía, como se tinha feito crer desde o século 19, uma relação linear com o bem-estar social. O sonho de que o avanço científico e tecnológico geraria a redenção dos males da humanidade estava chegando ao fim, por conta da tomada de consciência dos acontecimentos sociais e ambientais associados a tais atividades. Tanto na América do Norte quanto na Europa, os estudos CTS surgem como uma reconsideração crítica do papel da ciência e da tecnologia na sociedade, embora com orientações distintas (Mitcham, 1990).

É num clima de tensão gerado pela guerra do Vietnã, pela guerra fria, pela disponibilização midiática de catástrofes ambientais e dos horrores provocados pelo aparato tecnológico de destruição posto a serviço da morte (napalm desfolhante, armas químicas e biológicas...), dos efeitos da ampliação do poder destrutivo das armas nucleares revelados nos testes no pacífico e nos desertos da América do Norte (e pelos esforços que levaram à assinatura do tratado de limitação de tais testes), dos movimentos ambientalistas e da contracultura que se iniciavam, e também da crítica acadêmica da tradição positivista da filosofia e da sociologia da ciência, que se estabelecem as condições para uma nova forma de ver as interações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Desde seu início, os estudos e programas CTS seguiram três grandes direções: no campo da pesquisa, como alternativa à reflexão acadêmica tradicional sobre a ciência e a tecnologia, promovendo uma nova visão não essencialista e socialmente contextualizada da atividade científica; no campo das políticas públicas, defendendo a regulação social da ciência e da tecnologia, promovendo a criação de mecanismos democráticos facilitadores da abertura dos processos de tomada de decisão sobre questões de políticas científico-tecnológicas; e, no campo da educação, promovendo a introdução de programas e disciplinas CTS no ensino médio e universitário, referidos à nova imagem da ciência e da tecnologia, que já se estende por diversos países (na Europa e na América Latina, e nos EUA) (Bazzo, von Linsingen, Pereira, 2003).

Essas três direções reúnem tradições CTS bastante diferentes – norte-americana e de países europeus –, e são conectadas pelo chamado “silogismo CTS” baseado em três premissas. A tradição européia, centrada na pesquisa acadêmica dos antecedentes sociais da mudança científico-tecnológica, trata o desenvolvimento científico e tecnológico como um processo conformado por fatores culturais, políticos e econômicos, além de epistêmicos. A segunda premissa considera a mudança científico-tecnológica como um fator determinante principal que contribui para moldar nossas formas de vida e de ordenamento institucional, sendo assunto público de primeira grandeza. Reúne os resultados da tradição norte-americana, mais pragmática, que se preocupa mais com as conseqüências sociais e ambientais da mudança científico-tecnológica e com os problemas éticos e reguladores suscitados por tais conseqüências. A terceira premissa é a de que todos compartilhamos um compromisso democrático básico.

A natureza valorativa desta última justifica a conclusão de que, para tanto, “deveríamos promover a avaliação e o controle social do desenvolvimento científico-tecnológico, o que significa construir as bases educativas para a participação social formada, assim como criar mecanismos institucionais para tornar possível tal participação” (González García, Cerezo e Luján, 1996, p. 227).

Essa perspectiva educacional, ao nível da formação em engenharia no Brasil, deve ser adequadamente analisada, uma vez que a participação social formada do engenheiro implica uma reorientação da estrutura curricular e pedagógica que altera substancialmente a atual orientação essencialmente técnica que a estrutura, que sistematicamente exclui da formação de engenheiros a abordagem das imbricações da engenharia com a sociedade, o que aponta para a necessidade

de inclusão de temas CTS na formação tecnológica.

Dois obras bem diferentes, publicadas em 1962, constituíram um marco importante para o movimento CTS. Os livros *Silent Spring* (Primavera Silenciosa) da bióloga Rachel Carson e *A estrutura das revoluções científicas* do historiador e filósofo da ciência Thomas Kuhn teriam sido marcantes para a ação e reflexão dos estudos CTS. O primeiro, ao expor sérias questões relativas aos riscos associados aos inseticidas químicos como o DDT, alimenta a reação dos movimentos sociais, principalmente ecologistas, pacifistas e da contracultura, contribuindo de várias maneiras para a criação dos movimentos ambientalistas (Cutcliffe, 1990). O segundo, ao considerar novos enfoques para a atividade científica que se contrapõem à concepção tradicional, desencadeia um novo ímpeto de reflexões acadêmicas no campo da História e da Filosofia da ciência (Mitcham, 1989). A partir de Thomas Kuhn a filosofia toma consciência da importância da dimensão social e das raízes históricas da ciência, ao mesmo tempo em que inaugura um estilo interdisciplinar que tende a diluir as fronteiras clássicas entre as especialidades acadêmicas (Bazzo, von Linsingen, Pereira, 2003).

Para situar melhor as orientações e objetivos dos estudos CTS atuais, cabe considerar que o movimento CTS tem na sua origem duas vertentes. Uma, ativista social, constituída por grupos com interesses e tendências diversas que estavam mais ligados à reivindicação social, tais como pacifistas, ecologistas, defensores de direitos civis e advogados de consumidores. Outra, como programa acadêmico, orientada para o ensino e pesquisa das questões públicas, no âmbito universitário, da qual participavam cientistas, engenheiros, sociólogos e humanistas.

Para um período histórico de transformações sociais singulares como o da década de 1960, que certamente já possuía uma trajetória histórica que vinha se formando desde pelo menos o início do século 20, ambas as obras contribuem para que nas duas vertentes do movimento CTS se desenvolva a orientação para uma reconsideração da perspectiva moderna sobre o papel da ciência e da tecnologia na sociedade, o que acaba se apresentando, em 1999, como um novo contrato social¹ para a ciência e a tecnologia.

De fato, a imagem da tecnologia como benfeitora da humanidade já começa a sofrer críticas antes da segunda guerra mundial, com o surgimento de obras como *Técnica e Civilização* de Lewis Mumford (1934), *Meditação da Técnica* de Ortega y Gasset (1939), e posteriormente com Heidegger (1954), Jacques Ellul (1954), Habermas (1968) e outros.

Talvez o mais influente precursor intelectual do movimento CTS tenha sido Charles P. Snow, que numa conferência Rede em 1959, apresentada em Notre Dame, cujo teor seria transformado em livro² logo a seguir, inaugurou o debate sobre o distanciamento progressivo entre “duas culturas (incomunicáveis)”, uma formada por cientistas e outra por humanistas (Cutcliffe, 1990). De forma mais precisa, Snow discute o abismo existente entre ciência e literatura. Seu crédito foi justamente o de ter tornado aparente a existência de duas culturas que supostamente se opõem. Entretanto, foi a metáfora das duas culturas que se tornou marcante para a perspectiva CTS, e atualmente voltou a ser retomada com força, dada a notável atualidade do tema e a sua capacidade de provocar debates relevantes das questões que envolvem as interações da ciência e da tecnologia com a sociedade.

Essa metáfora é bastante significativa para as reflexões pedagógicas da engenharia, na medida que possibilita a emergência de questões relacionadas às interações da engenharia com o seu entorno sociocultural, notadamente ausentes na formação profissional, bem como de aspectos da complexidade das relações entre ciência, tecnologia e sociedade, a que se acrescenta

¹ O novo contrato social para a C&T, reclamado em fóruns como o Congresso de Budapeste (1999), implica num ajustamento da ciência e da tecnologia aos padrões éticos que já governam outras atividades sociais, isto é, democratizá-las, para estar então em condições de influir sobre suas prioridades e objetivos, reorientando-os para as autênticas necessidades sociais, ou melhor, aquelas necessidades que emanem de um debate público sobre o tema (Palacios *et alii*, In: Bazzo, von Linsingen, Pereira, 2003).

² *As duas culturas e uma segunda leitura: Uma versão ampliada das duas culturas e a revolução científica*. Tradução de Geraldo G. de Souza e Renato A. Rezende Neto. São Paulo : Edusp, 1995.

necessariamente a natureza, transformada pelo conjunto das ações científico-tecnológicas.

1.1 Conseqüências sobre a atividade científico-tecnológica

Passados mais de trinta anos do início do movimento de “desencantamento”³ científico-tecnológico, a lista de problemas atribuídos à ciência e à tecnologia parece crescer mais que suas inegáveis benesses, contribuindo para isso tanto a academia quanto a mídia, o que concorre para o acirramento das contradições da percepção pública da ciência e da tecnologia.

Por conta disso, constata-se um crescente descrédito social no conhecimento dos especialistas, que antes detinham autoridade inquestionável em suas áreas. Agora, a sociedade civil não apenas questiona como procura interferir diretamente nos rumos das coisas tecnológicas. Por outro lado, criam-se resistências por parte dos engenheiros e tecnólogos, que se sentem detentores do conhecimento técnico. É comum ouvirmos declarações do tipo: “a comunidade não pode se manifestar em assunto de competência técnica, por não dominar conhecimentos técnicos”. Trata-se presumivelmente de um impasse ideológico provocado por um desconhecimento das implicações sociais da atividade técnica por parte dos especialistas. Mas também está relacionado a uma inadequação dos significados de tecnologia.

Entretanto, a forma tradicional de entendimento conceitual da ciência e da tecnologia como atividades autônomas, neutras e benfeitoras da humanidade, cujas raízes estão firmemente fincadas no século passado, continua a ser utilizada na academia, para legitimar suas atividades. Para González García, Cerezo e Luján, “é esta concepção tradicional, assumida e promovida pelos próprios cientistas e tecnólogos, a que em nossos dias continua sendo usada para legitimar formas tecnocráticas de governo e continua orientando o projeto curricular em todos os níveis de ensino” (González García, Cerezo e Luján, 1996, p. 26).

É neste contexto que surgem e se desenvolvem os estudos CTS, constituindo uma resposta da comunidade acadêmica internacional à crescente onda de insatisfação com a concepção tradicional da ciência e da tecnologia. Em essência, trata-se de “ressaltar a dimensão social (e prática) da ciência e da tecnologia, opondo-se a uma visão anacrônica sobre a natureza especial da ciência como forma autônoma de conhecimento e a tecnologia como ciência aplicada; contribuir desse modo para a desmistificação da imagem tradicional da ciência-tecnologia” (*idem*), que tem orientado entendimentos e ações desde a revolução industrial. Particularmente, foi a imagem da tecnologia como ciência aplicada que contribuiu para a concepção pedagógica adotada na engenharia, sendo esse um dos principais motivos de se buscar na abordagem CTS uma releitura da nossa prática, para uma maior compreensão das suas implicações.

2. A CONCEPÇÃO CLÁSSICA DE C&T E A PERSPECTIVA DA ENGENHARIA

A concepção clássica das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e natureza é uma concepção essencialista e triunfalista que expressa o desenvolvimento como um processo no qual mais conhecimento científico determina linearmente mais tecnologia – que implica mais domínio e submissão da natureza – que conduz a mais desenvolvimento econômico, que resulta em mais desenvolvimento social (associado a mais bem-estar) (Bazzo, von Linsingen, Pereira, 2003). O chamado “modelo linear de desenvolvimento” se estabelece num contexto de neutralidade e autonomia alheio a qualquer processo de valoração axiológica, e que se traduz incondicionalmente em benefícios para a humanidade.

³ Este termo é empregado aqui como indicativo de que a explicitação de aspectos mais delicados da atividade científico-tecnológica resultou numa perda de credibilidade no caráter benfeitor e neutro da ciência e da tecnologia, materializada pela reação social e acadêmica a partir da década de 1960. Esse termo procura incluir também uma positividade no fato de que o desencantamento pode desencadear uma tomada de consciência sobre as diferentes possibilidades da C&T, tornando mais consciente o caráter das suas produções.

Esta concepção emerge com notável freqüência no mundo acadêmico e confere sustentação a muitos dos discursos que se assentam em argumentação técnica, esta considerada essencialmente neutra. Essa forma de ver estaria associada à imagem da tecnologia como “braço armado” da ciência pura, ou seja, a tecnologia seria reduzida à aplicação da ciência, ou a tecnologia seria a aplicação da ciência à construção de artefatos, ou apenas identificada com os artefatos.

A vinculação unívoca da ciência à tecnologia sugerida pelo modelo linear de desenvolvimento estabelece também uma “oportuna” comunhão da tecnologia com os preceitos clássicos de neutralidade e autonomia imputados à atividade científica⁴, preceitos estes que também se manifestam nos atos pedagógicos da engenharia, embora seja difícil justificá-los logicamente, sobretudo na atualidade, em face das evidências das interações complexas da tecnologia com a sociedade, como mostram os acontecimentos sociotécnicos que se tem assistido e dos quais se participa direta ou indiretamente.

Segundo essa mesma concepção parcelar, a engenharia exerceria um papel de mediação significativo entre ciência e tecnologia, na medida que as suas produções, que se materializam em artefatos tecnológicos, estariam centralmente relacionadas à apropriação e aplicação de princípios científicos, que serviriam igualmente para realimentar tecnologicamente o próprio desenvolvimento científico. Nesse sentido os engenheiros, a cuja atividade se atribui intensidade, eficácia e qualidade, exerceriam um papel importante na chamada *tecnociência*⁵. Trata-se de uma parte já considerável da ciência, mas não a toda a ciência atual. A emergência da tecnociência não implica a subsunção da ciência, da técnica e da tecnologia. Estas quatro modalidades de saber continuam existindo hoje em dia e é possível distingui-las entre si (Echeverría, 2001, p. 222). A engenharia no contexto da tecnociência seria apenas uma das diversas modalidades de atividade da engenharia.

A engenharia, em termos gerais, desenvolve-se nos mais diversos contextos e nas mais diferentes condições e, nesse sentido, a própria idéia de engenharia se relaciona mais à idéia de processo de transformação ligada ao quefazer da sociedade – e portanto relacionada à cultura –, o que lhe confere um estatuto próprio de atividade de inúmeras faces e finalidades, que não possui compromisso exclusivo com a ciência de concepção tradicional, embora dela se utilize.

Quando a engenharia é usada como suporte à pesquisa científica, ou participa diretamente da atividade científica, deve fazê-lo em condições específicas, com desenvolvimento de capacidade cognitiva para esse fim, de modo a possibilitar uma interlocução frutífera entre cientistas e engenheiros que, em vários casos, pode chegar a diluir a delimitação de seu campo de competência. Os engenheiros, nesse caso, podem assumir postura científica. Esta conotação, entretanto, não pode ser considerada como tendência geral da engenharia, posto que essa atividade possui envolvimento muito mais amplos que os dos interesses da ciência como atividade que se ocupa principalmente em desvelar verdades do universo.

Do mesmo modo, apesar de fortes ligações, a engenharia não possui compromisso exclusivo com a empresa, como se esforça por fazê-lo o poder hegemônico – já de dentro das instituições de ensino –, caso em que emerge sutil, mas firme, a defesa do supostamente intrínseco

⁴ A concepção clássica ou “concepção herdada” da ciência, legado do positivismo lógico (Carnap, Reichenbach, Hempel, Nagel), concebia o desenvolvimento científico como um processo regulado por um rígido código de racionalidade que, complementado pelo princípio ético de honestidade profissional, fazia de tal desenvolvimento um processo progressivo de aproximação da verdade. Nessa concepção, o progresso científico só era possível se a busca da verdade – regulada unicamente pela equação “lógica + experiência” – constituísse o objetivo exclusivo do empreendimento científico, de modo que qualquer valor, por mais benemérito que fosse, era visto como uma interferência que só podia obstaculizar ou deter o desenvolvimento do conhecimento (González García, Cerezo e Luján, 1996).

⁵ *Tecnociência* – “A importância outorgada a instrumentos e técnicas dentro de algumas tendências da tradição europeia promoveu [...] o tratamento conjunto da ciência e da tecnologia. Um exemplo é a [...] «rede de atores» de Latour e Callon, segundo a qual a ciência não consiste em pura teoria nem a tecnologia em pura aplicação, senão que ambas, fundidas no termo «tecnociência» (como algo vivo e distinto de nossa percepção oficial delas: a «ciência e tecnologia») consistem de redes de cujos nós também fazem parte todo tipo de instrumentos relevantes. Os produtos da atividade científica, as teorias, não podem, portanto, continuar sendo separados dos instrumentos que participam de sua elaboração” (González García, Cerezo e Luján, 1996, p. 87).

caráter neutro e benfeitor da atividade. Com isso reduzem-se as chances do reconhecimento do necessário desenvolvimento de capacidade crítica do engenheiro ou, o que se tornou freqüente, atribui-se a este apenas o caráter de crítica do produto técnico, ou seja, restrita ao desenvolvimento técnico, característico do feitio internalista (ou esotérico) que se atribui à atividade. Essa defesa se dá normalmente pela via cruel da indiferença e do não-debate, que oculta as interações substantivas (ou os envoltimentos mais amplos) da engenharia.

Nos sentidos aqui expostos, o currículo de engenharia possui um compromisso com a generalidade, além daquele que já possui com a especificidade. Mas, mais do que generalidade, esse mesmo currículo deveria se ocupar com a complexidade do conhecimento da engenharia, complexidade que emerge das imbricações da engenharia com os outros atores sociais.

3. CTS E O CONTEXTO DA EDUCAÇÃO EM C&T NOS EUA E NA EUROPA

Os programas de Ciência, Tecnologia e Políticas Públicas (STPP) nos EUA surgiram como uma resposta a necessidades sentidas no interior das comunidades científicas e tecnológicas, sendo que nas instituições tecnológicas mais importantes dos EUA estavam proximamente relacionados com as escolas de engenharia, e não por acaso. A presença da ciência na Segunda Guerra Mundial revelou, por um lado, que “a gestão de ciência e tecnologia em suas novas e complexas interações com o governo e a sociedade exige capacidades especiais. A experiência não é suficiente para que os engenheiros aprendam a fazê-lo, e os gestores tradicionais carecem, em geral, da educação e habilidades necessárias para comunicar-se efetivamente com o pessoal científico” (Mitcham, 1990, p. 16). Essa participação da ciência e da engenharia, como mostram Mayor e Forti (1998) se intensifica no período da guerra fria, indicando que a tecnociência atual está também profundamente relacionada com a indústria bélica. Desafortunadamente, os fatos que emergiram após setembro de 2001 nos EUA favoreceram a retomada dos investimentos massivos no sistema industrial-militar.

Tais fatos revelam a influência da ciência e da tecnologia para as sociedades, bem como a importância dos tecnólogos nesse processo de construção da condição humana e reforça, em nível mundial, a necessidade de uma reorientação e contínua análise das políticas pedagógicas das instituições de ensino tecnológico, a par da participação social mais ampla nas políticas públicas de ciência e tecnologia.

Os programas CTS nos EUA foram criados nos finais da década de 1960 como resposta a influências externas da ciência e da tecnologia, basicamente, como já comentado, em decorrência das pressões dos movimentos ambientalistas e de consumidores, que fizeram emergir uma preocupação pública com os rumos da mudança tecnológica, que acabaram por provocar a criação de diversas organizações tais como a Agência de Proteção Ambiental e o Escritório de Avaliação Tecnológica.

A Alemanha, em decorrência de sua aproximação com a filosofia da tecnologia e com a crítica filosófica em geral, da mesma maneira que está envolvida com a técnica de modo muito abrangente, esteve sempre imersa numa tensão entre o tecnocatastrofismo e o tecnootimismo.

A filosofia da tecnologia nasceu “oficialmente” na Alemanha em 1877, com a publicação do livro de Ernst Kapp (contemporâneo de Marx) intitulado *Grundlinien einer Philosophie der Technik (Fundamentos de uma filosofia da técnica)*, no qual desenvolve a concepção da tecnologia como uma complexa projeção das faculdades e atividades humanas. Mitcham, considerando que o termo alemão *Technik* pode ser traduzido por “tecnologia” e “engenharia”, prefere referir-se a Kapp como a pessoa que alounhou a expressão “filosofia da tecnologia” ou “filosofia da engenharia” (Mitcham, 2001, p. 34).

Na perspectiva CTS atual, a tecnologia tende a ser vista mais como forma de organização social, com interações complexas, incorporando aspectos que não são comuns à concepção tradicional de engenharia, o que sugere que as duas expressões podem ser utilizadas com enfoques

diferentes no tratamento da questão tecnológica. Nesse sentido, engenharia e tecnologia são coisas distintas, embora umbilicalmente ligadas.

Da mesma maneira, Peter Engelmeier (1855-1941), um dos fundadores da engenharia profissional russa, defendia há mais de cem anos uma formação não apenas técnica dos profissionais de engenharia. Ele afirmava que “se os engenheiros irão ocupar seu lugar legítimo nos assuntos do mundo, não só devem ser formados em seus campos técnicos, mas também na compreensão sobre o impacto e a influência social da tecnologia”. (Engelmeier, *apud* Mitcham, 2001, p. 34). Esse é um ponto fundamental para as reflexões realizadas neste artigo, posto que um dos desdobramentos da abordagem CTS está relacionado à perspectiva de uma *educação* em engenharia. A essa perspectiva associa-se a idéia da alfabetização científica e tecnológica presente nos objetivos educacionais CTS, com a conotação de uma formação em engenharia que considere a interdisciplinaridade (não apenas técnica) como necessidade para o engenheiro da sociedade tecnológica.

4. O ENFOQUE CTS E O ESPAÇO DE RELAÇÕES DA ENGENHARIA

Os estudos CTS constituem um campo de trabalho de caráter crítico com relação à tradicional imagem essencialista da ciência e da tecnologia, e de caráter interdisciplinar para o qual concorrem disciplinas como a filosofia da ciência e da tecnologia, a sociologia do conhecimento científico, a teoria da educação e a economia da mudança tecnológica. Os estudos CTS buscam compreender a dimensão social da ciência e da tecnologia, tanto do ponto de vista de seus antecedentes sociais como de suas conseqüências sociais e ambientais, quer dizer, tanto no que toca aos fatores de natureza social, política ou econômica que modulam a mudança científico-tecnológica, como no que concerne às repercussões éticas, ambientais ou culturais dessa mudança (Bazzo, von Linsingen, Pereira, 2003).

A caracterização desse novo enfoque das relações entre ciência, tecnologia e sociedade é fundamentalmente contrária à imagem tradicional da C&T – assumida como atividade autônoma que se orienta exclusivamente por uma lógica interna e livre de valorações externas –, na medida que transfere o centro de responsabilidade da mudança científico-tecnológica para os fatores sociais, ou seja, o fenômeno científico-tecnológico passa a ser entendido como processo ou produto inerentemente social onde os elementos não epistêmicos ou técnicos (por exemplo valores morais, convicções religiosas, interesses profissionais, pressões econômicas etc.), desempenham um papel decisivo na gênese e consolidação das idéias científicas e dos artefatos tecnológicos (*idem*, p. 126).

Em termos de ensino de engenharia, essa mudança de eixo pode significar uma transformação radical nos processos cognitivos, na medida que a atividade engenheiril passaria a ser orientada por uma lógica distinta da que hoje a estrutura, orientada para a técnica como meio e não um fim em si mesma.

Porque há uma dinâmica social que envolve a tudo e a todos nesses tempos de exultação das tecnologias de informação e comunicação (TIC), considera-se que a práxis acadêmica da engenharia constitui-se de uma mescla de concepções das relações CTS, composta tanto pela concepção tradicional das relações entre ciência, tecnologia e sociedade quanto por concepções mais progressistas, não havendo uniformidade entre e nas diversas modalidades de engenharia. Contudo, de acordo a compreensão aqui desenvolvida, admite-se que ainda há prevalência das relações tradicionais na conformação dessa práxis, e que configuram muitas das resistências existentes ao processo de mudança.

Basicamente, parte-se da concepção linear que enxergava a ciência como processo de desocultamento dos aspectos essenciais da realidade, de desvelamento de leis que a governam em cada parte do mundo natural e social. Essas leis, universais, possibilitariam a transformação da realidade com o concurso dos procedimentos das tecnologias, que constituiriam ciência aplicada

à produção de artefatos. Nessa concepção, tanto ciência quanto tecnologia, e por extensão todas as áreas técnicas que lhes dão sustentação, deveriam estar alheias a interesses, opiniões e avaliações. Os resultados de uma tal ciência e tecnologia seriam colocados a serviço da sociedade para que ela decidisse sobre seus usos, de tal modo que dessa relação resultariam os instrumentos cognitivos e práticos que proporcionariam a melhoria contínua da vida humana e do bem-estar social.

Atualmente, apesar de ainda das delimitações relativamente rígidas dessas fronteiras nas áreas técnicas, percebe-se a inadequação dessa separação, principalmente no que diz respeito à relação entre ciência e tecnologia, aproximação que já ocorre há bastante tempo. A cisão entre conhecimentos científicos e artefatos tecnológicos não é muito adequada, já que fica cada vez mais evidente que para a configuração daqueles é muitas vezes necessário contar com estes. O oposto é ainda mais evidente para engenheiros e tecnólogos. O conhecimento científico da realidade e sua transformação tecnológica não são processos independentes e sucessivos, senão que se acham entrelaçados em uma trama na qual constantemente se juntam teorias e dados empíricos com procedimentos técnicos e artefatos (Bazzo, von Linsingen, Pereira, 2003).

Por seu turno, a relação entre tecnologia e sociedade, para os engenheiros, apresenta-se tão profundamente enraizada que parece não haver qualquer razão para debates. Identificada com artefatos, e portanto com o produto da atividade da engenharia, de uma suposta evidente imbricação, acabou por tornar-se oculta e, de modo mais contundente, não pertencente ao espaço da atividade técnica como tal, mas apenas ao espaço da ética da engenharia.

Nessa acepção, a imbricação entre tecnologia e sociedade esteve sempre presente através da própria definição de engenharia, como normatizadora da atividade, pelo menos até meados da década de 1990: a atividade da engenharia deve estar voltada para o bem-estar da sociedade. Mas já não se apresenta dessa maneira, tendo sofrido modificações para uma relação “mais flexível”, contexto-dependente (Mitcham, 2001). Rapidamente essa conexão tende a transformar-se em mera retórica ética, ou em transferência de responsabilidade para outras áreas do conhecimento, justamente em razão de conflitos e contradições que a postura moral provoca com as novas relações de mercado, e mesmo com a intensificação da divulgação dos efeitos nem sempre benéficos da tecnologia. Em qualquer caso, na relação tecnologia-sociedade manteve sempre uma rigidez dos limites de interação, ou seja, uma separação estratégica, já que valores e interesses mais implícitos, imagina-se, não pertencem ao campo da técnica, abrindo espaço para as atitudes tecnocráticas, o que foi plenamente absorvido pelo ideário da engenharia.

Entretanto, o tecido tecnocientífico não existe à margem do próprio contexto social em que se desenvolve, e no qual os conhecimentos e os artefatos adquirem relevância e valor. Desse modo, as imbricações entre ciência, tecnologia e sociedade apresentam uma complexidade muito maior do que as decorrentes das relações imaginadas entre campos estanques que se comunicam, mas sem interpenetração, apontando para uma análise mais cuidadosa e abrangente das reciprocidades, ao invés da simples aplicação da clássica relação linear entre elas.

5. A PERSPECTIVA EDUCACIONAL CTS PARA A ATIVIDADE ACADÊMICA

No âmbito acadêmico, desde os primeiros programas vinculados a universidades como a da Pensilvânia na América do Norte e de Edimburgo no Reino Unido nas décadas de 1960 e 1970, CTS é já considerado um campo consolidado em várias universidades e centros educativos em outros países.

Em países da América Latina, como Argentina, Colômbia, Cuba e Brasil, embora recente, o enfoque educacional CTS já está presente na pesquisa e na educação em e sobre ciência e tecnologia (Ibarra e Cerezo, 2001). No Brasil, os estudos CTS, com a conotação aqui emprestada, são desenvolvidos na Unicamp e na UFSC, com orientações diferenciadas, em decorrência das suas origens e dos seus objetivos.

Na UFSC, tais estudos estão mais diretamente orientados para a educação CTS com maior tradição no âmbito da educação de nível médio e, mais recentemente, consolidando também uma posição para a educação de nível universitário e formação docente, através do recém-criado Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica (2002) vinculado ao Centro de Ciências Físicas e Matemáticas (CFM) e ao Centro de Educação (CED), mas com aporte intercentros e, desse modo, de caráter notadamente interdisciplinar. Mas sua origem é bem anterior, uma vez que deriva do Programa de Pós-graduação em Educação, originalmente vinculado ao Centro de Educação da UFSC, mas operando em bases semelhantes desde 1986.

A ampliação da interdisciplinaridade do programa, com a participação formal, entre outros, do Centro Tecnológico da UFSC é um indicativo de uma demanda e de uma perspectiva interdisciplinar que é própria do enfoque CTS, desde sua origem, e sugere uma salutar aproximação entre centros até então considerados “incomunicáveis”. Esse novo programa possui, justamente por essa forma constitutiva, um compromisso com a ampliação das perspectivas formadoras do que em CTS poderia se identificar com a consciência social da Ciência e da Tecnologia por parte de seus atores. Ao mesmo tempo, ao trabalhar numa perspectiva de alfabetização científica e tecnológica, pode viabilizar uma maior aproximação negociada da C&T com o público em geral, conferindo “transmissão de poder social”, objetivando a superação da ação tecnocrática, e também com o sentido proposto pelo novo contrato social para a ciência e a tecnologia.

A abordagem CTS para a educação em engenharia no Centro Tecnológico da UFSC teve seu início em 1997, com a criação do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica (NEPET), por iniciativa de professores da Engenharia Mecânica.

No caso da formação técnica universitária, não é surpreendente que a perspectiva da educação tecnológica com enfoque CTS tenha seguido essa trajetória. A par das políticas universitárias nacionais, o *status* de excelência acadêmica na área da engenharia mecânica, indicativo do alinhamento da atividade acadêmica com as políticas públicas de Ciência e Tecnologia e interesses hegemônicos, precipitou a emergência de tensões internas no que diz respeito à natureza da atividade acadêmica e ao caráter da formação profissional – com disputas curriculares –, como reflexos das disputas de poder. Essas tensões acabaram por fazer emergir contradições discursivas e comportamentais centradas precisamente em pressupostos de origem positivista e também em concepções alternativas sobre a natureza do conhecimento técnico e de sua finalidade e, em tal contexto, criaram-se condições propícias para a construção de uma percepção da quase completa ausência de uma formação técnica socialmente referenciada e contextualizada segundo o enfoque aqui abordado.

A orientação CTS adotada neste artigo, que é também a que anima as reflexões e ações no âmbito do NEPET, confere poder explicativo para muitas das indagações e inquietações relativas às imbricações da engenharia com a ciência, a tecnologia, a sociedade e a natureza, por um viés novo e quiçá mais sincrônico com o pensamento e as ações da área técnica, abordando temas que, embora façam parte da atividade da engenharia, normalmente não são considerados na formação tecnológica. É esse viés que permite identificar lacunas e obstáculos socioepistêmicos na formação técnica, como os decorrentes do não-reconhecimento formal das imbricações sociais da técnica na formação de engenheiros, ou o da formação sociotécnica de caráter unilateralmente tecnocientífico, ou ainda o da visão de tecnologia como processo social e dos artefatos tecnológicos como construto sociocultural.

Embora ciência e tecnologia possuam profundas ligações, há que se reconhecer que a formação científica difere da formação tecnológica em muitos aspectos, e que as atividades de cientistas e tecnólogos são distintas, inclusive por suas trajetórias e determinações históricas. Além disso, de acordo com a linha argumentativa deste trabalho, a tecnologia não se reduz à aplicação da ciência, podendo ser caracterizada como uma atividade social complexa para a qual concorrem atividades e interesses os mais diversificados, de modo que os artefatos, como um dos produtos dessa atividade, possuem qualidades não apenas técnicas *stricto sensu*. Por

conta disso, algumas das aproximações entre ciência e tecnologia no âmbito da formação técnica devem ser analisadas com o devido cuidado, principalmente no que respeita ao caráter mesmo da produção técnica e de sua abrangência e significância social, num momento histórico de aceleração (e do reconhecimento) dos envolvimento sociais da tecnologia, e das novas compreensões que daí decorrem.

O reconhecimento da sincronia das transformações tecnológicas com o processo de mundialização econômica, e os modos como modificam a vida em sociedade, altera a própria forma de ver a tecnologia e a formação técnica, no sentido de que os aspectos socioculturais subsumidos na técnica não podem deixar de ser considerados como elementos de formação, sob pena de formar profissionais cada vez mais alheios ao papel social especial que lhes cabe nesse mundo, especialmente quando se admite a cada vez mais notória interferência social e ambiental associada à atividade da engenharia.

6. CTS EM NÍVEL UNIVERSITÁRIO

Um elemento chave dessa mudança da imagem da ciência e da tecnologia propiciado pelos estudos CTS consiste na renovação educativa, tanto em conteúdos curriculares como em metodologias e técnicas didáticas. Neste sentido têm-se desenvolvido os programas educativos CTS, implantados no ensino superior de numerosas universidades desde finais dos anos 1960 (Solomon, 1993; Yager, 1993; VV.AA. 1998).

Em linhas gerais, no âmbito do ensino superior, pretende-se que os programas CTS sejam oferecidos como especialização de pós-graduação (especialização, mestrado) ou como complemento curricular para estudantes de diversas procedências.

Trata-se, por um lado, de proporcionar uma formação humanística básica a estudantes de engenharia e ciências naturais. O objetivo é desenvolver nos estudantes uma sensibilidade crítica acerca dos impactos sociais e ambientais derivados das novas tecnologias ou a implantação das já conhecidas, formando por sua vez uma imagem mais realista da natureza social da ciência e da tecnologia, assim como do papel político dos especialistas na sociedade contemporânea.

Por outro lado, trata-se de oferecer um conhecimento básico e contextualizado sobre ciência e tecnologia aos estudantes de humanidades e ciências sociais. O objetivo é proporcionar a estes estudantes, futuros juizes e advogados, economistas e educadores, uma opinião crítica e informada sobre as políticas tecnológicas que os afetarão como profissionais e como cidadãos. Assim, essa educação deve capacitá-los para participar de forma frutífera em qualquer controvérsia pública ou em qualquer discussão institucional sobre tais políticas.

A polémica cisão da vida intelectual e prática do ocidente em dois grupos diametralmente opostos, separados por um abismo de incompreensão mútua, levantada por Snow, referia-se às culturas humanística e científico-tecnológica. O propósito principal da educação CTS é tratar de fechar essa brecha entre duas culturas, posto que tal brecha constitui um terreno fértil para o desenvolvimento de perigosas atitudes tecnófobas (e também tecnófilas), e ainda mais a de dificultar a participação cidadã na transformação tecnológica das formas de vida e de ordenamento institucional (Snow, *apud* Bazzo, von Linsingen, Pereira, 2003).

Dadas as novas orientações educacionais que essa perspectiva oferece ao nível de formação básica, de um processo que já se encontra em andamento, com notável poder de penetração e consolidação, pode-se considerar que, uma vez implementada essa formação em nível médio, um impacto sobre a formação universitária se fará notar, provocando a emergência de questões sociotécnicas que não eram explicitamente apresentadas na formação universitária, de modo que é no mínimo conveniente que as estruturas universitárias se atenham a considerar seriamente a inclusão da perspectiva CTS na formação profissional, especialmente nas áreas ditas técnicas.

No âmbito das ações do NEPET, em 2000 foi introduzida, através do Departamento de En-

genharia Mecânica da UFSC, uma disciplina optativa denominada “Tecnologia e Desenvolvimento” destinada a suprir parte dessa carência formativa para os alunos de todas as modalidades de engenharia. O resultado, em certo sentido surpreendente e que deve ser melhor avaliado, têm sido notado no crescimento do número de alunos interessados em realizar a disciplina.

Essa ação disciplinar constitui, assim é entendida no contexto desta reflexão, uma importante contribuição para uma formação voltada para a visão ampliada do comprometimento social da engenharia. Ações que são consideradas importantes, nesse momento, passam pela estruturação de programas de formação de professores de engenharia e de políticas institucionais de fomento à formação CTS para professores de engenharia de todo o país, entre outras. A orientação, no entendimento aqui defendido, é que aspectos da história, da sociologia e da filosofia da ciência e da tecnologia deveriam consubstanciar os programas de formação de professores, além dos aspectos didático-pedagógicos (praticamente inexistentes ou desvirtuados nos atuais modelos de estágio-docência dos programas de Pós-graduação).

Considera-se, contudo, que para o ensino de engenharia esta é uma condição necessária, mas não suficiente. Acredita-se ser necessário que, além de proporcionar formação humanística básica conforme expresso anteriormente, o próprio conhecimento tecnocientífico deva ser conceitualmente transformado e que a sua preparação didática incorpore essas concepções da natureza social e cultural da ciência e da tecnologia, além dos tradicionais critérios econômicos e de eficácia já incorporados e dados como “naturais” e imanes na técnica.

A consolidação de uma educação tecnológica que contemple a abordagem das imbricações CTS ao nível do conhecimento tecnocientífico, como aqui tratadas, pode ser favorecida por meio de três ações concatenadas: a assunção curricular da interdisciplinaridade como necessidade para o tratamento pedagógico dos assuntos científicos, tecnológicos, sociais e ecológicos; o tratamento transversal da temática CTS na abordagem disciplinar das áreas técnicas; e uma adequada transposição didática⁶ que permita a explicitação das imbricações sociotécnicas do conhecimento tecnocientífico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAZZO, W; von LINSINGEN, I; PEREIRA, L.T.V. (Eds.). **Introdução aos Estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Madrid: OEI, 2003.

CUTCLIFFE, S. **Ciencia, tecnología y sociedad: un campo interdisciplinar**. In: MEDINA, M.; SANMARTÍN, J. (Eds.). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: Estudios Interdisciplinarios en la Universidad, la Educación y en la Gestión Pública*. Barcelona: Anthropos, 1990.

ECHEVERRÍA, J. **Tecnociencia y sistemas de valores**. In: CEREZO, J. A. L.; RON, J. M. S. *Ciencia, tecnología, sociedad y cultura en el cambio de siglo*. Madrid: Biblioteca Nueva/OEI, 2001.

GONZÁLEZ GARCÍA, M. I.; CEREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L. L. **Ciencia, tecnología y sociedad**. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Madrid: Tecnos, 1996.

IBARRA, A.; CEREZO, J. A. L. **Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad**. Madrid: Biblioteca Nueva/OEI, 2001.

MAYOR, F.; FORTI, A. **Ciência e poder**. Campinas: Papyrus, 1998.

MITCHAM, C. **La importancia de la filosofía para la ingeniería**. In: Cerezo, Luján e Palacios (Orgs.). *Filosofía de la tecnología*. Madrid: OEI, 2001.

_____. **En busca de una nueva relación entre Ciencia, Tecnología y Sociedad**. In:

⁶ Esse assunto pode ser encontrado em von Linsingen, I. A transposição didática e o ensino de engenharia. Anais do COBENGE 99, Natal - RN, 1999, p. 677-684.



- MEDINA, M.; SANMARTÍN, J. (Orgs.). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: Estudios Interdisciplinarios en la Universidad, la Educación y en la Gestión Pública*. Barcelona: Anthropos, 1990.
- _____. *¿Qué es la Filosofía de la Tecnología?*. Barcelona: Anthropos, 1989.
- SNOW, C. P. *As duas culturas e uma segunda leitura*. São Paulo: Edusp, 1995.
- SOLOMON, J. *Teaching science, technology and society*. Buckingham: Open University Press, 1993.
- von LINSINGEN, I. **Engenharia, Tecnologia e Sociedade: Novas perspectivas para uma formação**. 2002. Tese (Doutorado em Educação) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- von LINSINGEN, I. **A transposição didática e o ensino de engenharia**. In: COBENGE 99, 1999, Natal. *Anais*. Natal: UFRN, 1999, p. 677-684.
- VV.AA. **Ciencia, tecnología y sociedad ante la educación**. In: *Revista Iberoamericana de Educación*, n.18, 1998.
- YAGER, R. E. **The status of science-technology-society. Reforms around the world**. International Council of Associations for Science Education/Yearbook, 1992.

THE STS APPROACH AND ENGINNERING EDUCATION: CURRICULUM CONVERGENCES

Abstract: *Studies of the current model of engineering teaching, still rare, have been made in an empiric and, perhaps, amateur way. If the subject is education, that in fact should happen. The problem appears when, in the moment in that those studies happen, they are deprived of the same rigidity reserved to other professional procedures, as the adopted for the evaluation of the works of academic research. In this article characteristics of the STS focus are presented and also what it presents for transformations in the engineering teaching, in the perspective of attending what is proposed in the new curriculum guidelines. It is about turning apparent some possible obstacles present in the education in engineering as a consequence of a restricted conception of the relationships among science, technology, society and nature, that guides the process of formation of the capacities in the engineering. Contributions for the incorporation of explanations of the multiple faces of the engineering are extracted of the STS focus, in a dimension until now maintained separate from the engineering teaching, that is the social, ecological and systemic dimension of the technology.*

Keywords: *Technological education, Curriculum, Science-Technology-Society (STS), Social Innovation*