

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

**ENGENHARIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE:
NOVAS PERSPECTIVAS PARA UMA FORMAÇÃO**

Irlan von Linsingen

Florianópolis – Santa Catarina

Outubro de 2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

**ENGENHARIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE:
NOVAS PERSPECTIVAS PARA UMA FORMAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de Doutor em Educação

DOUTORANDO: Irlan von Linsingen

ORIENTADOR: Prof. Dr. Frederico Firmo de Souza Cruz (CFM/UFSC)

BANCA EXAMINADORA: Prof. Dr. Mario Neto Borges (UFSJ)
Prof. Dr. Renato Peixoto Dagnino (UNICAMP)
Prof. Dr. João Bosco da Mota Alves (CTC/UFSC)
Prof. Dr. José André Peres Angotti (CED/UFSC)
Prof. Dr. Arden Zilbersztajn – Suplente (CFM/UFSC)
Prof. Dr. Augusto Bruciapaglia – Suplente (CTC/UFC)

Florianópolis, outubro de 2002

Dedico este trabalho

À Dagmar, companheira de todas as horas.
Ao Jorge (em memória), pelo carinho que não esqueço.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Frederico Firmo de Souza Cruz, pela orientação sem amarras e pelos momentos dedicados a certos e frutíferos debates sobre os temas aqui tratados, assim como aos que estão apenas brotando.

Ao amigo Teixeira, sempre pronto a ouvir e apontar com muita perspicácia as deficiências e lacunas dos argumentos e reflexões, muitas vezes provocando abalos intelectuais com suas instigantes críticas. Boa parte do que está aqui registrado é fruto das discussões e trabalhos que fizemos juntos nos últimos cinco anos.

Ao amigo Walter, que com sua capacidade de articulação vigorosa e vontade contagiante de ver florescer uma engenharia e uma tecnologia vivamente impregnadas das suas dimensões socioculturais, contribuiu em muitos aspectos para estas reflexões.

Aos professores do programa de pós-graduação, com os quais tive a gratificante oportunidade de conviver e que me instigaram a fazer rupturas importantes que levaram a uma saudável substituição das certezas que paralizam pelo benefício da dúvida que abre novas perspectivas.

À Dagmar, pela visão antropológica, paciência e incentivo; à Luana e ao Jau, por terem sempre se mostrado compreensivos com as muitas interrupções da convivência tão fundamental e prazerosa para nós, e ao envolvimento às vezes involuntário com os temas aqui abordados.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
APRESENTAÇÃO	1
CAPÍTULO 1	
CONTEXTO E JUSTIFICATIVAS	10
1.1 Compromissos	10
1.2 Construindo um mundo	19
1.3 Identidade e mudança	20
1.4 Política de C&T e ensino de engenharia	22
1.5 Formação social de engenheiros.....	24
1.6 Inovação e criatividade	27
1.7 Mudança/assimilação tecnológica e determinismo	29
1.8 Sobre ética e intervenção tecnológica.....	32
1.9 Sobre o conceito de cultura.....	35
CAPÍTULO 2	
PRESSUPOSTOS DO ENSINO DE ENGENHARIA	37
2.1 Considerações preliminares	37
2.2 Origens históricas do ensino de engenharia no Brasil	40
2.3 A questão da Ideologia	53
2.4 Uma imagem e seus desdobramentos. A engenharia como nos fazem crer que deva ser.....	55
2.5 Abordagens da Técnica e da Tecnologia	63
2.6 O “inerente” benefício social da engenharia.....	77
CAPÍTULO 3	
PERSPECTIVAS CTS E A FORMAÇÃO EM ENGENHARIA	80
3.1 Porque CTS como referencial	80
3.2 Origens e desdobramentos do movimento CTS.....	83

3.3 A concepção clássica de C&T e a perspectiva da engenharia.....	88
3.4 A perspectiva moderna da C&T e sua influência no ensino de engenharia	92
3.5 CTS e o contexto da educação em C&T na Europa e nos EUA	95
3.6 Envolvimentos CTS da engenharia européia	96
3.7 O enfoque CTS e o espaço de relações da engenharia.....	97
3.8 A perspectiva educacional CTS para a atividade acadêmica.....	100
3.9 CTS no contexto da política de C&T para a América Latina	110
CAPÍTULO 4	
NOVAS PERSPECTIVAS E IMPLICAÇÕES	116
4.1 Mudança de postura pedagógica e profissional	116
4.2 Novo olhar sobre as interações sociais das comunidades da engenharia.....	124
4.3 A não-neutralidade da tecnologia e o contexto da engenharia	135
4.4 A tecnologia como rede de relações	150
4.5 Transposição didática no ensino de engenharia	156
4.6 Interações entre fragmentos e totalidades	169
4.7 Especialidade, tecnocracia e o sentido da interdisciplinaridade para a engenharia .	175
4.8 Contribuições ao Currículo de Engenharia.....	183
4.9 Novas perspectivas para o ensino de engenharia. Convergências curriculares	191
BIBLIOGRAFIA	210

RESUMO

A partir de pressupostos historicamente justificados que balizam, explícita ou implicitamente, os procedimentos pedagógicos e as atividades de pesquisa dos professores, é realizada uma análise crítica da formação em engenharia.

Discutem-se aspectos da pertinência da qualificação dos profissionais e dos professores de engenharia pautada na exclusiva competência técnica, e as possibilidades de transformação propiciadas pela perspectiva de associar ao ensino tecnocientífico as suas dimensões sociocultural e ambiental. Considera-se que o ensino de engenharia deve, subjacente ao necessário aprimoramento tecnocientífico, possibilitar a compreensão do contexto em que se desenvolve a atividade científico-tecnológica e das suas finalidades mais amplas, potencializando a participação democrática dos engenheiros no que diz respeito ao caráter de suas produções, às definições das políticas científicas e tecnológicas, à permanente avaliação dos riscos e impactos da atividade e à definição de parâmetros acordados com todos os setores da sociedade para o que deve ser socialmente relevante.

Este estudo orienta-se por concepções das interações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade, aos quais se associa a Natureza, propiciadas pelo enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Considera-se que, entre outros, pressupostos tais como essencialidade, neutralidade e universalidade da ciência e da tecnologia, associados à concepção linear tradicional de progresso, estão na origem da legitimação da atividade pedagógica e de pesquisa na engenharia.

Ao identificar e problematizar os pressupostos que balizam a prática da engenharia e do seu ensino pretende-se contribuir para a ampliação da compreensão sobre uma atividade que ajuda a configurar o mundo social e a natureza em que este se insere. Nesta direção, este ensaio se desenvolve em três eixos: a explicitação das dimensões e da extensão das influências da atividade tecnológica em relação à sociedade e à natureza, a explicitação e problematização de pressupostos da atividade da engenharia, e a proposta de novos enfoques educacionais centrados na visão imbricada da atividade científico-tecnológica, no sentido de buscar superar problemas decorrentes de uma visão restrita do campo de competência da engenharia e, desse modo, contribuir para o debate atual em torno do desenvolvimento sustentável e da formação do engenheiro do século 21.

Aborda-se a necessidade de se associar ao ensino tecnológico em geral, e de engenharia em particular, uma dimensão presente, mas pouco valorizada, que é a dimensão sócio-eco-sistêmica da tecnologia. Propõe-se, enfim, uma mudança do enfoque pedagógico do objeto da engenharia a partir da mudança da visão de suas interações substantivas.

Palavras-chave: Ensino de Engenharia, Educação tecnológica, Formação de Professores, Ciência-Tecnologia-Sociedade.

ABSTRACT

In this work, it is developed a critical analysis of the engineering education. The focus is on the concepts that give support to the present pedagogy and research activity in this area.

It is discussed the validity of the concept of competence based exclusively on the technical aspects of engineering neglecting the environmental and sociocultural dimensions of the profession and its consequences for the engineering education.

It is considered that, besides the knowledge of the science and technology developments, the engineering teaching should explicitly make clear the aims of this scientific and technological endeavour and should give grounds for the comprehension of social and cultural context where this activity actually occurs. This may create conditions for a much more democratic engagement of engineers concerning the definition of Science and Technology policies and a more critical judgment about their productions. It may also emphasize the need of a permanent evaluation of the risks and impacts of Science and Technology on society. This study is oriented by conceptions, which are related somewhat to the founding ideas of the Science Technology and Society approach.

It is also considered that assumptions like essentiality, neutrality and universality of science and technology are the fundamental stones of the discourse that claim to legitimate the present pedagogy and research in engineering.

To identify and question those assumptions, that guide the engineering practice and teaching, is a fundamental step towards a comprehension about this activity, which is so influential in the reshaping of the social and natural world.

Therefore, this essay follows three main axes: first, to explicitly display the extent and magnitude of the influence of the technological activity over society and nature; second, to explicitly display and criticize the assumptions underlying the engineering activity, and finally, to propose new educational approaches based on the undisputable imbrications of the scientific-technological activity and society.

The aim is to overcome many problems originated from the teaching based exclusively on the scientific and technical competence. It is expected that a new approach will contribute to the present debate about sustainable development and the education of the engineer of the 21st century.

Summing up, it is emphasized the need of making present in the engineering learning activity the frequently neglected socio-eco-systemic dimension of technology. It is stressed the urgent need of a conceptual change of the pedagogical object of the engineering. This conceptual change may come from a meaningful consideration of the substantive interactions between the technical object and society.

Keywords: Engineering education, Technological Education, Science Technology and Society.

APRESENTAÇÃO

A discussão sobre o ensino de engenharia atual implica a discussão sobre futuros possíveis e, também, sobre futuros desejáveis, não só para as engenharias, mas fundamentalmente para as sociedades.

A engenharia é, sem dúvida, uma atividade socialmente comprometida e referenciada. O caráter desse comprometimento emerge através da convicção e do sentimento dos engenheiros e dos professores de engenharia de que se trata de uma atividade relevante, motivo suficiente para justificar sua existência e as das propostas de interferência social, cultural e ambiental que daí resultam. Reciprocamente, a sociedade retribui aceitando e confirmando o caráter e o papel especial da engenharia no contexto das produções da sociedade, embora com crescente resistência e mesmo oposição a muitas das realizações por ela protagonizadas.

Uma tal assertiva parece indicar claramente que se trata de uma atividade socialmente resolvida e que, portanto, basta seguir o caminho já previamente traçado e os cânones tecno-científicos estabelecidos desde a primeira revolução industrial, dedicando todos os esforços para a busca do aprimoramento das técnicas que, ao final, resultarão em cada vez mais benefício social. Entretanto, a afirmação encerra também uma tensão, expressa pela resistência que é fruto da crescente desconfiança pública do benefício incondicional da tecnologia.

Emerge daí a necessidade e urgência de se realizar, para o cenário que se abre neste início de século, uma reflexão sobre uma atividade vital para a sociedade, segundo interpretações vigentes, mas que convive permanentemente com o espectro de um descontrole de seu crescente poder transformador. De outra parte, essa

reflexão almeja contribuir para o debate em torno de mudanças anunciadas como fundamentais, em prol de uma sociedade mais tolerável.

Na condição de nação que integra o bloco dos países do chamado capitalismo periférico, dependente econômica e tecnologicamente, a questão da formação profissional no Brasil exige uma abordagem que leve em consideração tanto os aspectos gerais do estado da arte do conhecimento e dos movimentos internacionais relacionados com as interações da ciência e da tecnologia com a sociedade e a natureza, quanto das necessidades e peculiaridades socioculturais e socioeconômicas internas, seus ingredientes endógenos. Tal abordagem muda a forma de ver o processo (forma e conteúdo) de formação tecnológica, alterando o caráter da tecnologia nacional em relação à de outros países.

Buscando uma maior inserção social da engenharia e maior consonância com algumas tendências internacionais, as propostas curriculares mais recentes procuram introduzir conteúdos disciplinares de humanidades à formação dos engenheiros, com a alegação, legítima, que é uma necessidade para melhorar a qualificação profissional e conseqüente inserção num mercado de trabalho mutante e que se torna mais complexo. Tais preocupações, válidas e necessárias, parecem, entretanto, pairar na instrumentalidade da ação formativa e podem ser insuficientes para uma transformação efetiva do modo de ver e do fazer da engenharia. Assim, é válido indagar se a introdução de conhecimentos das humanidades na grade curricular muda o conhecimento da engenharia, ou apenas a sociabilidade dos engenheiros. Em outras palavras, em que extensão e com que profundidade se está pensando o processo educacional da engenharia. Nesse sentido, pensar o ensino de engenharia no Brasil implica discutir seus pressupostos legitimadores, cuja presença implícita, quase natural, parece dispensar maiores atenções.

As reflexões aqui desenvolvidas se dão no âmbito de uma compreensão sobre as interações complexas que se processam entre ciência, tecnologia, sociedade e natureza. Tal abordagem interdisciplinar potencializa a análise do quadro estabelecido para a educação tecnológica na perspectiva da ampliação do seu campo de competência, o que possibilita estruturar um sistema de ensino orientado para a formação de profissionais mais conscientes dos seus papéis como atores privilegiados no processo de transformação no contexto dos sócio-eco-sistemas tecnológicos.

Este trabalho é escrito para os professores e profissionais de engenharia, mas também os tecnólogos de outras áreas do conhecimento poderão identificar em suas lides preocupações semelhantes às que aqui são apontadas. É uma tarefa, em certo sentido, árdua porque a abordagem realizada não é confirmadora das convicções e dos procedimentos “naturalizados” pela via da insistente reprodução de práticas seculares, e porque agregam dimensões existentes que não costumam ser trabalhadas no meio técnico.

Para as finalidades de confirmação e renovação da importância e das benesses da engenharia para a sociedade, e mesmo para nossos coletivos, existem inúmeras abordagens e eficazes formas de difusão. Em contrapartida, como mostram freqüentemente os meios de comunicação, muitos dos efeitos das realizações da engenharia não confirmam o caráter benfeitor posto na definição clássica dessa atividade profissional.

Opto, pelas razões expostas, pelo caminho do “desencantamento” visto como “chance” de abrir novas perspectivas para a formação e para a profissão. Numa metáfora tecnocientífica, trata-se de provocar uma responsável perturbação paramétrica que conduza a um novo estado de equilíbrio dinâmico.

Essas considerações preliminares consubstanciam o problema desta tese, indicam o caminho a seguir e o compromisso de oferecer elementos para um amplo debate em torno de novos papéis reservados para os professores e profissionais de engenharia no Brasil.

O problema

O ensino de engenharia, nas bases metodológicas e ideológicas que lhe conferem sustentação e que balizam sua prática atual, não oferece as condições desejáveis para a viabilização de uma formação que propicie uma prática profissional transformadora do pensar e do fazer da engenharia que seja mais congruente com a realidade das transformações de uma sociedade que se identifica como tecnológica.

Ao empregar a denominação “sociedade tecnológica”, admite-se, como premissa, que está ocorrendo uma crescente e profunda imbricação entre ciência e

tecnologia, e que as culturas transformam-se em *tecnoculturas*¹, em um processo de realimentação mútua, subjacente às suas acepções usuais. Essa construção teórica pode sugerir que as sociedades estariam sendo moldadas pela tecnologia numa relação determinista tecnológica. Interessa, portanto, discutir o tema dos determinismos na formação e prática profissional da engenharia, constituindo este um dos pressupostos mais importantes sob o ponto de vista da intervenção tecnológica.

Hipótese

Para analisar as razões pelas quais a prática do ensino de engenharia atual é pouco transformadora e resistente ao reconhecimento de suas profundas imbricações sociais e ambientais, numa perspectiva que rivaliza com uma orientação eminentemente científico-tecnológica, parte-se da hipótese de que as atitudes pedagógicas e as atividades de pesquisa nas escolas de engenharia se plasmam pela assunção acrítica de pressupostos históricos e por práticas sociais recorrentes que já não conferem sustentação àquela prática.

Na busca da superação dessas resistências em favor de atitudes transformadoras dos participantes desse coletivo, defende-se e argumenta-se que qualquer iniciativa de inserção disciplinar de humanidades e de mudanças conceituais dos conteúdos disciplinares na área técnica só terá efetiva acolhida por parte dos atores envolvidos se aqueles fundamentos socioepistêmicos e ideológicos emergirem e se tornarem questões relevantes para a prática tecnológica, e forem identificáveis com uma axiologia da atividade tecnológica.

Nesse sentido, explicitar e problematizar aqueles pressupostos e ideologias constitui um caminho para a consecução dos objetivos transformadores em prol de uma maior aproximação da atividade tecnológica com os interesses mais amplos da sociedade.

¹ Tecnocultura refere-se, no contexto CTS, à crescente imbricação da cultura com a tecnologia e desta com a ciência (admitindo a divisão clássica). Segundo Medina, está relacionada também com a cada vez mais presente e decisiva configuração global das culturas em decorrência da intensificação e difusão planetária do processo de inovação tecnocientífica. (Medina *apud* Cerezo e Ron, 2001; Postman, 1994)

Objetivos

Fundamentalmente, trata-se de discutir aspectos da formação de engenheiros desde a perspectiva de seus papéis como atores sociais com poderes crescentes – mas não-exclusivos – de transformar realidades socioculturais e ambientais, locais e globais. Renova-se aqui a convicção de que, tanto agora como no passado, os engenheiros são detentores de conhecimentos especiais que lhes conferem determinada posição no cenário da construção de mundo para as sociedades, e que este papel não está recebendo a devida atenção por parte das instituições que se dedicam a esse tipo de formação, principalmente nesse momento de mudanças estruturais importantes.

Frente a essas constatações e visando simultaneamente agregar mais elementos para uma proposta consistente de transformação do atual quadro acadêmico da engenharia, apresentam-se como objetivos dessa tese:

- Identificar e problematizar, a partir de referenciais externos à área técnica, fundamentalmente a partir do enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), os principais pressupostos que avalizam a prática pedagógica e de pesquisa na engenharia.
- Apresentar uma concepção das interações CTS e seus objetivos educacionais que conferem sustentação às discussões realizadas e às propostas para mudanças conceituais do ensino de engenharia brasileiro.
- Buscar uma maior aproximação entre as culturas científico-tecnológica e humanística para uma formação profissional mais sintonizada com as necessidades e interesses de amplos setores da sociedade.
- Analisar, com base numa epistemologia da tecnologia, aspectos das novas diretrizes curriculares para os cursos de engenharia, apontando as convergências e lacunas com relação às reflexões aqui desenvolvidas.
- Propor estratégias que auxiliem a estruturação de uma formação que capacite os engenheiros a atuarem como cidadãos conscientes numa sociedade democrática.

Uma característica estrutural forjada historicamente, sustentada por condicionantes institucionais e pressões hegemônicas por um mundo economicamente globalizado – que centra na super-especialização técnica os modos e o campo de ação da engenharia – está alterando substancialmente as formas de atuação docente, provocando uma intensificação do processo de especialização do conhecimento da engenharia que cada vez mais mascara a natureza e o conhecimento das suas implicações sociais e ambientais.

Para a concepção de um mundo interagente mediado pela ciência-tecnologia essa orientação constituiria, paradoxalmente, um direcionamento institucional e pedagógico diametralmente oposto, o que leva a considerar igualmente necessário e emergencial o estabelecimento de programas de formação docente para as escolas de engenharia, que privilegiem o conhecimento do conhecimento tecnocientífico e de suas abrangentes implicações, ou uma sofisticada “alfabetização científica e tecnológica”² também para os especialistas técnicos e, fundamentalmente, para os professores de engenharia. Alinho-me, dessa maneira, às perspectivas educacionais do enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), estendendo-as ao ensino técnico superior.

Essa formação docente não prescindiria, na perspectiva desse novo tipo de sociedade, da consideração de que os professores de engenharia são também educadores com compromissos sociais importantes, assunção esta que remete à abordagem da imbricação sociocultural da técnica, da ciência e da tecnologia, à ética e à formação em valores.

Dentre os objetivos gerais, considerando a escassez de trabalhos que apontem para uma concepção de formação tecnológica com os ingredientes adicionais aqui apresentados, busca-se consolidar um programa de pesquisa interdisciplinar dedicado ao aprofundamento do auto-conhecimento da engenharia e da ampliação do seu campo de competência, simultaneamente propondo a introdução formal de aspectos subjacentes do conhecimento da engenharia na sua estrutura pedagógica.

² Este termo tem sido usado pelos programas educacionais CTS basicamente para o ensino fundamental e médio, e também para programas de formação em nível superior nas áreas de humanidades.

Estrutura

Este trabalho é fruto de reflexões sobre temas que dizem respeito a uma área considerada estritamente técnica, realizadas a partir de abordagens que são próprias de outras áreas do conhecimento que se apresentam àquela como aparentemente dissociadas. No entanto, ambas possuem um fio condutor comum denominado tecnologia, cujo tratamento intelectual seguiu historicamente caminhos em certo sentido opostos. Para desenvolver temas que são necessariamente inter-relacionados de modo complexo, conferindo-lhes um encadeamento coerente sem incorrer em recorrências ou dissociações excessivas, entende-se ser necessário realizar em primeiro lugar uma contextualização que forneça uma panorâmica da extensão e profundidade das influências mútuas entre tecnologia e sociedade. Na seqüência identifica-se e discute-se aspectos dos pressupostos e do enfoque CTS usado como referencial de análise, para posteriormente discutir aqueles pressupostos e apresentar novas perspectivas para a formação de engenheiros, o que é feito em quatro capítulos.

Assim, no capítulo 1 são realizadas abordagens que intentam apontar os contextos em que se plasmam as reflexões realizadas neste trabalho e, ao mesmo tempo, apresentar justificativas da pertinência de se trabalhar o assunto da formação em engenharia na perspectiva de sua imbricação social e ambiental com aporte do referencial CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade).

Inicia situando as relações de compromisso e as referências da engenharia concernentes à sociedade e à natureza baseados numa compreensão de suas imbricações mais amplas. Segue apresentando e discutindo determinados envolvimento daqueles compromissos, e finaliza abordando o conceito antropológico de cultura adotado, justificando-o.

Este capítulo pode ser entendido como fundamentação geral das questões que são discutidas ao longo do trabalho, no qual busca-se situar a formação a partir de algumas interpretações de temas correntes sobre a influência da tecnologia na vida das pessoas e das sociedades. Procura-se estabelecer nexos no universo das questões que se relacionam com o problema da tese, a hipótese e os objetivos, justificando essa forma de abordagem na área técnica.

Como a abordagem realizada nesta tese está centralmente relacionada às interações sociais da atividade da engenharia, e ambos os conceitos, de engenharia e de sociedade, não se dissociam do de cultura, introduz-se e justifica-se a adoção do conceito antropológico de cultura. Entende-se que essa opção potencializa a compreensão das novas concepções de tecnologia e de sociedade tecnológica, o que permite abordar com maior coerência as novas perspectivas para transformações pedagógicas na engenharia.

O capítulo 2 ocupa-se em explicitar alguns dos pressupostos considerados como dos mais importantes no balizamento das crenças e atitudes que dizem respeito à postura didático-pedagógica e de pesquisa.

Preliminarmente é apresentado um apanhado das origens históricas do ensino de engenharia no Brasil, destacando-se aspectos das origens das modalidades de nossa engenharia, da estruturação do pensamento hegemônico e das atitudes didático-pedagógicas que originaram e configuraram alguns pressupostos educacionais que empregamos e defendemos para manutenção de muitas daquelas práticas ancestrais.

Entende-se que os pressupostos epistemológicos estão associados ou se plasam em determinadas concepções de ciência e de tecnologia e, por essa razão, são abordados nesse capítulo os conceitos de técnica e de tecnologia, bem como os conceitos associados à atividade tecnológica e suas implicações. O capítulo fecha com uma interpretação da imagem hegemônica dos papéis da engenharia e do seu ensino.

Entende-se que o enfoque CTS, por conferir grande poder explicativo para questões associadas às profundas imbricações e à complexidade presentes nas atividades científica e tecnológica, torna-se uma referência preferencial para uma mudança de perspectiva do tratamento de questões do ensino de engenharia no contexto das novas relações sociotécnicas globais e locais.

Ademais, muitas das orientações baseadas em CTS têm sido úteis para a compreensão da complexidade do empreendimento científico-tecnológico e para a definição de políticas de C&T de diversos países, sendo bastante adequadas para os países do capitalismo periférico.

Por essa ótica, os estudos sociais da ciência e da tecnologia para o Brasil e América Latina estão assumindo força renovada tanto na perspectiva educacional, cujas reflexões acadêmicas brasileiras no âmbito do ensino de ciências remontam aos anos 80, quanto na perspectiva das políticas públicas de Ciência e Tecnologia, cuja tradição brasileira, consonante à latino-americana, remonta à década de 1970 e possui forte relação com os trabalhos de Renato Dagnino junto ao Instituto de Geociências da Unicamp.

A perspectiva CTS adotada neste trabalho não esteve presente na área técnica, especificamente nas engenharias, até pelo menos meados da década de 1990, e passa a ter presença formal, ao menos pelo que temos registro, a partir de 1997 quando criamos o Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica (NEPET) junto ao Centro Tecnológico da UFSC, e que se consolida com a publicação da tese – e posteriormente do livro³ – de Walter Bazzo em 1998.

Por essa razão, entendemos ser necessário realizar uma abordagem das origens históricas e dos desdobramentos do movimento CTS internacional e de suas perspectivas para o Brasil, o que é realizado no capítulo 3. Destacam-se as atividades e os enfoques educacionais CTS, contextualizando para a educação científica e tecnológica como um todo e para o ensino de engenharia em particular, alertando para os desdobramentos futuros das ações pedagógicas propostas para o ensino médio. Busca-se, assim, estabelecer as pontes necessárias para as discussões realizadas no capítulo 4.

No capítulo 4 são discutidos os pressupostos da engenharia identificados no capítulo 2 como de maior relevância com base nos entendimentos das interações CTS apresentadas no capítulo 3 e, simultaneamente, apresentam-se novas perspectivas para a formação do engenheiro com base nas interpretações das interações complexas entre Ciência, Tecnologia e Sociedade às quais se acrescenta a Natureza. Adiciona-se, na perspectiva de uma contribuição ao currículo, uma discussão sobre alguns aspectos das novas Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação em Engenharia e uma estratégia viável para a introdução de temas com enfoque CTS no conteúdo disciplinar.

³ Ciência, Tecnologia e Sociedade, e o contexto da educação tecnológica. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.

CONTEXTO E JUSTIFICATIVAS

“Temos que encontrar um caminho nosso de realização de nossas potencialidades, de exercício pleno de nossos poderes para realização de nosso destino. (...) Nosso caminho não será o soviético, nem o japonês, nem o canadense. Ninguém revive a história alheia. Cada roteiro trilhado por um povo no esforço para realizar, na civilização a que pertence, o seu destino é um caminho próprio e único. Assim será o nosso, precisamos é de clareza para encontrá-lo.” Darcy Ribeiro, 1975.

1.1 Compromissos

As realizações atribuídas à engenharia e associadas com uma melhoria potencial da qualidade de vida são de tal ordem de grandeza que seria impraticável enumerá-las. A historiografia costuma apresentar apenas aquelas que mais se destacaram, seja pela imponência, pelos imensos desafios à capacidade de engenho e de construir que certos artefatos simbolizaram em momentos históricos determinados, pelos significados simbólicos para culturas particulares ou para a humanidade, pelo impulso ao crescimento econômico e à transformação social que facilitaram ou motivaram, ou pelo que representam em termos de distribuição de poder entre diferentes culturas e sociedades.

As grandes realizações da engenharia, das pontes e barragens – ícones do progresso econômico passado e presente – às tecnologias de informação e

comunicação (TIC), o novo ícone do progresso econômico do presente e do futuro, parecem anunciar, mais que quaisquer outras, a vital importância da engenharia, da ciência e da tecnologia, para as sociedades. Qualquer destaque a uma obra de uma área da engenharia sempre parecerá injusta com realizações de suas outras áreas. É conveniente lembrar, todavia, que essas obras só se concretizam na confluência de muitas áreas, não apenas no interior da engenharia, denunciando aí uma imbricação que aponta para a natureza complexa dessa atividade. Natureza essa que não costuma ser explicitada na construção desse tipo de conhecimento.

Ao que parece, a engenharia é uma atividade que se torna cada vez mais vital para a sobrevivência e hegemonia humana no planeta. Tal assunção sugere que os engenheiros deverão estar sempre, por formação e por contingência, envolvidos com esse desígnio. Se por um lado isso premia os engenheiros com o reconhecimento social da sua importância, o que é gratificante para uma atividade árdua, por outro, coloca o desafio da responsabilidade de contribuir para a construção de um mundo que seja socialmente mais justo, o que implica o compromisso inalienável de contribuir para o bem-estar da humanidade como totalidade, e das sociedades em particular.

Por suas características, a engenharia é uma atividade que confere aos que detêm conhecimentos técnico-científicos um *status* diferenciado, e os engenheiros devem saber disso, porque tal conhecimento os possibilita manipular com eficiência crescente a natureza, transformá-la para o atendimento dos interesses humanos e, talvez ainda mais importante, supostamente garantir sua supremacia como espécie. É certo que ele não faz isso sozinho e, em muitos casos, realizações técnicas ocorrem sem a sua participação.

Mas é preciso considerar também que tal conhecimento é empregado com objetivos que dependem de interpretações diferenciadas daquele compromisso sociocultural com o bem-estar. A engenharia nos presenteia com artefatos maravilhosos, com níveis de sofisticação inimagináveis há até alguns anos (ou que eram vistos como ficções), que alteram nossa tradicional percepção espaço-temporal e nossas identidades, que nos libertam das tarefas mais árduas, das fragilidades da vida ou simplesmente daqueles afazeres cotidianos mais básicos (para os quais sequer prestamos atenção), com a mesma desenvoltura, quiçá menos, que nos apresenta ultra-sofisticadas e temíveis armas de destruição em massa ou com

produtos que ameaçam a integridade ambiental. Em ambos os casos se podem associar os artefatos com o ideal de bem-estar, dependendo da interpretação que se faça dos meios para se atingir os fins. Gandhi afirmava que os fins justificam os meios apenas se os meios forem justos. Os armamentos constituem meios para fins que aqueles que se consideram guardiões da justiça e do bem entendem como nobres, e as máquinas maravilhosas podem ser empregadas para destruir a natureza ou matar pessoas, também em nome de fins socialmente justos.

Não há dúvida, portanto, que a atividade da engenharia interfere de forma notável na vida das sociedades e no meio ambiente. Simultaneamente, convivemos com a incômoda sensação de que nossas produções, como meios, favorecem a exploração, a expropriação, o autoritarismo, a tecnocracia, a destruição humana e ambiental..., sob a égide de uma hegemonia de fins.

Essa enorme tensão que permeia as relações com seu entorno indica que a forma como temos tratado essa atividade promove um fechamento profissional dificultando ver, além dos seus aspectos mais aparentes, a complexidade relacional que se manifesta nas suas entranhas. Trata-se, assim, não de estabelecer o compromisso, posto que é evidente, está expresso na sua definição formal e é renovado nos juramentos das formaturas, mas de buscar explicitar a natureza do comprometimento social e das referências da engenharia e do seu ensino num contexto de mudanças estruturais, ou seja, de procurar compreender o que dificulta a mudança de enfoque teórico que permita considerar, formalmente, no seu ensino, a engenharia como produção socialmente comprometida e referenciada além dos seus aspectos mais superficiais e, portanto, com conotação diversa do usualmente adotado como balizador dos procederes, ampliando substancialmente as possibilidades e o caráter das suas produções.

Ademais, o caráter desse comprometimento parece turvar-se em meio a uma torrente de transformações que tem na inovação tecnológica uma de suas mais fecundas fontes de realimentação, e que também provoca uma necessária retomada do debate ético na engenharia, assim como da sua dimensão política.

Ao admitir a emergência da sociedade tecnológica, embora discorde de uma orientação “globalizante” que se lhe procura imprimir, oriento-me pela consideração de que ciência e tecnologia são atividades essencialmente socioculturais, e pela constatação de que um empreendimento humano de tamanha envergadura como o

da artificialização do mundo dos humanos – e que implica a interferência no mundo das outras espécies – encontra na engenharia um de seus mais fiéis colaboradores.

Estranho que as implicações mais amplas de tal empreendimento, que permeiam todas as produções da engenharia, não sejam consideradas formalmente no seu ensino, que continua se esforçando por manter um afastamento estratégico da discussão das suas origens, diversidade e finalidades, não sem conseqüências importantes.

Estamos profundamente envolvidos, como professores e pesquisadores universitários, com os processos de mudança científico-tecnológica que se relacionam a uma idéia de desenvolvimento e de progresso. Uma condição que se reflete nas nossas atividades pedagógicas diárias e nas estratégias de médio e longo prazo.

Assim como a sociedade em geral, e talvez de forma mais enraizada pela formação técnica específica, percebemos a realidade através dos artefatos que projetamos e com os quais mantemos contato cotidianamente. Concebemos a nós mesmos como máquinas físico-químicas complexas e, ciberneticamente, chegamos a comparar nossos cérebros com potentes computadores, embora com a deficiência de apresentarmos falhas de memória que nos tornam, num certo sentido, pouco confiáveis.

A visão mecanicista está presente em nossas concepções de mundo em uma extensão tal que acabamos vendo a própria sociedade, e a nós mesmos, como mecanismos que devem funcionar segundo determinados padrões. O que não se “encaixa” na grande máquina é tecnicamente inaceitável e precisa ser corrigido, ou descartado. Desde Adam Smith e a Revolução Industrial, temos igualmente adotado as máquinas como modelo para a construção coletiva da vida social.

Para González García, Cerezo e Luján, a nossa visão do mundo, a nossa auto-imagem,

é mediada pelas nossas formas de desenvolvimento científico-tecnológico; um desenvolvimento que tem conformado decisivamente a cultura e as formas de vida que nela se resumem. É precisamente essa ubiqüidade da ciência-tecnologia o que tantas vezes a faz passar inadvertida. [...] Confiamos na ciência e na tecnologia

como se pode confiar em Deus ou no Estado. A lógica da sociedade atual é a lógica da eficácia tecnológica; suas razões, as razões da ciência (González García, Cerezo e Luján, 1996, p. 20).

Assumimos na engenharia uma confiança crescente no acerto de nossas produções técnicas, em grande parte por decorrência do aumento da precisão que se assenta nas certezas advindas do aprimoramento do conhecimento científico-tecnológico. Essa mesma confiança na racionalidade tecnocientífica, necessária sem dúvida para a solução dos problemas de engenharia, mas não suficiente, parece também ser adotada no nosso relacionamento exotérico, fora das supostas fronteiras da especialidade técnica.

É nesse relacionamento que se funda uma crise do conhecimento da engenharia. É difícil compreender que nossas produções, apesar de se apresentarem cada vez melhores e mais sofisticadas tecnicamente, não se traduzem necessariamente – e automaticamente – em crescente melhoria das condições de vida da sociedade, ou em bem estar social, e podem mesmo estar na origem de conflitos sociais graves e catástrofes ambientais.

Nós, tecnólogos, vivemos uma ambígua relação com a sociedade. Somos parte dela, experienciamos os mesmos problemas, mas temos dificuldades de aceitar que em parte isso se deve às nossas produções. Preferimos seguir acreditando que o resultado de nossas atividades é intrinsecamente benéfico e que os eventuais desvios serão corrigidos com o aprimoramento do conhecimento tecnocientífico.

Quando estabelecemos as relações entre nossas criações e seus usos sociais, costumamos nos deleitar com seus efeitos benéficos, mas relutamos em aceitar os malefícios que provoca. Enfim, percebemos a contradição que se encerra na nossa atividade, mas consideramos que os efeitos negativos são fruto do mau uso de nossas “boas” criações. Se consideradas isoladamente, encerradas em si mesmas, podem constituir efetivamente peças técnicas formidáveis em todos os sentidos, mesmo que constituam máquinas de destruição, porque adquirem “vida” independente.

O fato é que essa confiança no benefício social da tecnologia, que aprendemos a acreditar por decorrência do processo de formação, não tem sido acompanhada pelas sociedades.

A reação social ao aumento dos problemas relacionados com a ciência e a tecnologia, que se tornaram mais visíveis tanto por conta da mídia quanto da academia ao longo dos últimos quarenta anos, resultou numa espécie de percepção pública esquizofrênica da atividade científico-tecnológica. O público começou a temer aquilo mesmo em que não pode deixar de confiar (González García, Cerezo e Luján, 1996). Essa percepção tornou-se ainda mais evidente com a ruptura histórica marcada pelos acontecimentos de 11 de setembro de 2001 nos EUA, mas de fato sempre acompanhou tudo o que se relaciona com a atividade científico-tecnológica ao longo da história, que em momentos históricos determinados foram sobrepujados pela euforia da “vida boa com a tecnologia”.

Convivemos, dessa maneira, com dois contextos que têm sido identificados como tecno-otimistas e tecno-catastrofistas. Há os que defendem que a maioria dos problemas sociais, políticos, econômicos, ambientais e culturais atuais serão resolvidos com mais desenvolvimento tecnológico, e os que garantem que, ao contrário, esses problemas são causados pela tecnologia e, conseqüentemente, mais desenvolvimento tecnológico fará surgir e acumular os problemas. Seja como for, estamos completamente mergulhados nisso, de modo que não podemos continuar ignorando a presença incômoda de um tipo de Golem⁴ contemporâneo em nosso meio esotérico.

Essa reação social e acadêmica deveria ser entendida pelos tecnólogos como um conveniente desencantamento da ciência e da tecnologia, que poderia servir como aporte para uma formação tecnológica mais consentânea com as realidades sociais e ambientais que ajudam a criar, inclusive no que diz respeito às atitudes tecnocráticas.

Entretanto, parece que estamos longe, nas engenharias, de tratar essa questão pela ótica da busca de um maior equilíbrio entre técnica, cultura e natureza, e de pôr a técnica a serviço da sociedade e não o contrário, como parece ocorrer.

González García, Cerezo e Luján consideram que, apesar da constatação do crescente descontentamento da opinião pública com muitas das realizações da

⁴ Criatura de barro construída pelo rabino Loew e seus assistentes em Praga, no século XVI, que adquire vida por uma fórmula secreta colocada sob sua língua. Esse ser torpe, mas obediente e submisso, põe sua extraordinária força a serviço de seus criadores. Mas a vida de Golem deveria ser controlada pela retirada da fórmula aos sábados, dia sagrado. Por um esquecimento dos assistentes, a fórmula não é retirada e a criatura enlouquece e destrói tudo o que encontra pela frente, até que o rabino consegue retirar a fórmula de sua boca, tornando-a inanimada.

tecnologia, que em muitos casos se apresenta como apatia, continuamos mantendo na academia “a concepção tradicional da ciência-tecnologia como uma atividade autônoma, valorativamente neutra e benfeitora da humanidade”. (González García, Cerezo e Luján, 1996, p. 26).

É essa 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 do ensino.” (*idem*).

O que interessa particularmente, nesta tese, é explorar de forma mais aprofundada os possíveis obstáculos interpostos à educação em engenharia como consequência da assunção dessa concepção restrita das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e natureza, que orienta implícita ou explicitamente os processos de formação das capacidades na engenharia. Para tanto, as orientações CTS podem oferecer contribuições para a incorporação de fatores explicativos das múltiplas imbricações da engenharia, numa dimensão que até agora tem sido mantida apartada do ensino de engenharia por supostamente não lhe dizer respeito.

Para esse enfoque interdisciplinar serão úteis, também, a sociologia da tecnologia – focalizada em aspectos da análise sociotécnica – e a filosofia da tecnologia – relacionada também à discussão de conceitos base e de questões éticas –, resgatando elementos que possibilitem proceder a uma análise crítica das interpretações correntes do caráter das técnicas e das suas imbricações sociais, culturais e ambientais que consubstanciam as ações de docentes, pesquisadores e profissionais de engenharia.

É também perceptível o envolvimento do tema desta tese com a idéia de complexidade de Edgar Morin. O pensamento complexo (Morin, 1999) permeia e emerge em vários pontos, conferindo sustentação epistemológica a muitas das inter-relações que são estabelecidas nas reflexões aqui realizadas. Entretanto, o pensamento complexo será utilizado onde e quando puder oferecer contribuição efetiva à análise aqui empreendida.

O tema dessa tese possui uma forte e nítida imbricação com as temáticas que, desde a perspectiva CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), têm ampliado consideravelmente as possibilidades de análise do quadro estabelecido para a formação universitária com distintas lentes socioculturais e sob diferentes enfoques

em diversos países, e que, através de iniciativas como as que vêm sendo fomentadas pelo Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica (NEPET)⁵, começa também a fazer parte da reflexão sobre os processos de formação em engenharia no Brasil, sendo nitidamente de caráter interdisciplinar.

Tomando essas leituras como base, neste trabalho são discutidos aspectos da pertinência da qualificação dos profissionais e dos professores de engenharia pautada na exclusiva competência técnica, e as possibilidades de transformação propiciadas pela perspectiva de associar ao ensino tecnocientífico as suas dimensões sociocultural e ambiental. Em outras palavras, considera-se que o ensino de engenharia deve, subjacente ao necessário aprimoramento tecnocientífico – ou como parte indissociável dele –, possibilitar a compreensão do contexto em que se desenvolve a atividade científico-tecnológica, das suas finalidades mais amplas, potencializando a participação democrática e compreensiva dos engenheiros no que diz respeito ao caráter de suas produções, às definições das políticas científicas e tecnológicas, à permanente avaliação dos riscos e impactos da atividade e à definição de parâmetros acordados com todos os setores da sociedade para o que deve ser socialmente relevante.

Os interesses privados, que adquirem força renovada nesses novos tempos de mundialização econômica, clamam por renovações pedagógicas e curriculares para o atendimento de novas demandas profissionais, levando as instituições universitárias a mudarem o discurso tradicional de defesa do aprimoramento da formação exclusivamente tecnocientífica, para uma formação com ingredientes adicionais, tais como a formação de “competências”, a flexibilização profissional (ou permanente adaptabilidade técnica), a cooperatividade e a capacidade de negociação e, mais recentemente, a incorporação de aspectos humanísticos.

O caráter dessas mudanças pedagógicas e curriculares, embora constituindo uma abertura para transformações mais substanciais, não está realmente em pauta, mas sim a efetividade de seus resultados para o atendimento das pressões por maior

⁵ O NEPET foi criado em 1997, por iniciativa de professores do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, com o propósito de estabelecer um fórum permanente de debates sobre temas subjacentes às engenharias que não são formalmente abordados na área técnica e também no ensino tecnológico. Propõe-se, entre outras coisas, promover uma maior aproximação das áreas técnicas com as ciências humanas, buscando uma maior compreensão da práxis tecnológica pelos tecnólogos e das imbricações sociais da ciência e da tecnologia, possuindo caráter inerentemente interdisciplinar.

adaptabilidade às novas regras do mercado mundializado, e esse compromisso é recorrente na área técnica e está expresso nas diretrizes curriculares homologadas nos finais de 2001.

Não parece haver, nesse esforço de adaptação às mudanças em curso, um compromisso expresso no sentido de buscar compreender quais papéis, além dos tradicionais e dos anteriormente citados, cabe à engenharia nesse novo cenário de transformações, tampouco à natureza desses papéis.

Apesar disso, iniciativas isoladas de professores, pesquisadores e estudantes têm conseguido superar, não sem enormes dificuldades e incompreensões, as barreiras institucionais e as fortes resistências de seus coletivos esotéricos, no sentido de ampliar a compreensão da atividade da engenharia em sua interação social e, conseqüentemente, os limites das suas esferas de atuação e comprometimento com a sustentabilidade em sentido amplo.

Justifica-se postular uma ampliação formal do campo de competência da engenharia na perspectiva de uma maior imbricação sócio-eco-sistêmica da atividade engenheiril, pela constatação de que muitos dos problemas sociais e ambientais atuais para os quais a engenharia tem contribuído com suas produções, e os que se acumulam há anos, não podem ser resolvidos empregando apenas critérios tecnocientíficos, dado que estes se plasmam no contexto de determinadas relações sociais, sendo desse modo limitados, ineficazes ou quiçá danosos para parcelas significativas da sociedade, o que torna a engenharia, com o tipo de conhecimento que possui de suas interações sociais e ambientais, num certo sentido, incapacitada de propor soluções de largo espectro aos efeitos colaterais de suas produções. Certamente, este constitui um genuíno e complexo problema de engenharia.

Por outro lado, a atividade de pesquisa científico-tecnológica está fortemente orientada para a maximização do lucro privado (evidenciada pela atual política de parceria aliada à de redução de recursos públicos para a pesquisa nas instituições de ensino superior) e se modela também por uma lógica de dependência internacional, relegando a plano secundário – inibindo ou quem sabe excluindo – aquelas atividades que se orientem mais para a busca de soluções dos problemas sociais que não são diretamente rentáveis, ou que se orientem pela busca de solução de problemas locais e nacionais (Auler, 2002). Num tal cenário, é de se esperar que a

formação universitária contribua principalmente para a reprodução e difusão de práticas semelhantes na sociedade.

Ao longo desse estudo retomam-se aspectos gerais das interações CTS tratados por Bazzo (1998), bem como por autores influentes dentro do movimento CTS internacional, aprofundando-os na perspectiva do conhecimento da engenharia. Propõe-se também promover uma aproximação formal da engenharia, no plano acadêmico brasileiro, com as temáticas CTS relacionadas às atividades da engenharia, buscando incluir os especialistas técnicos nas discussões sobre o caráter de suas produções para uma maior compreensão das interações da engenharia com a ciência, a tecnologia, a sociedade e a natureza, atentando para o fato de que a engenharia está proximamente relacionada com as transformações que se processam nesses campos, tanto como protagonista quanto como coadjuvante.

O compromisso assumido é, portanto, o de contribuir para uma mudança da visão que se possui acerca do ensino de engenharia no Brasil, abrindo novas perspectivas para a compreensão da atividade docente e para a formação profissional.

1.2 Construindo um mundo

O ensino de engenharia no Brasil possui uma estrutura direcionada essencialmente para a formação de indivíduos dotados da capacidade de resolver problemas com eficácia e rapidez. Mas, admitamos ou não, todos os envolvidos com os processos de mudança tecnológica participam de um projeto de envergadura muito maior: o da construção de um mundo para a espécie humana e, em tese, aparentemente também para as demais espécies.

Ao projetar e construir um artefato qualquer, aprofundar o conhecimento técnico-científico, desenvolver novas técnicas e sua incorporação a processos e produtos, produzir espécies geneticamente modificadas, ou formar uma cultura técnica, estamos contribuindo para a estruturação de um mundo artificial com o qual devemos compartilhar nossas experiências vitais e nossa existência. O engenheiro, sociólogo e filósofo Abraham Moles, chega a considerar que “nosso mundo se torna

essencialmente artificial e, no fundo, o artificial é que é verdadeiramente natural para o ser humano atual” (Moles, 1996, p. 60).

A capacidade de transformação adquirida, agora mais visível e abrangente que em passado recente, povoa a idéia de que a natureza é igualmente adaptável aos nossos desígnios, e a de que o “avanço” tecnocientífico nos confere o poder quase divino de reverter, no futuro, os processos de degradação que criamos. Contudo, afirmações recentes de especialistas renomados parecem contradizer e minar essa confiança com ameaças de possível descontrole ambiental em nível planetário – como os que decorreriam do provável aumento médio, em um século, de seis graus na temperatura do planeta.

As noções de tempo e espaço também se alteram e diluem com a aceleração das transformações técnicas, da transferência de informação e dos transportes.

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) têm contribuído substancialmente para o desemprego estrutural, como o do setor bancário para citar apenas um caso, e têm interferido de forma também notável na concepção de fronteira nacional, alterando as relações de poder dentro das próprias fronteiras geográficas e institucionais, principalmente dos países economicamente dependentes.

Estamos certamente ajudando a construir um mundo. É justo e necessário perguntar que tipo de mundo estamos ajudando a construir com o conhecimento especial que nos possibilita propor alterações e interferências sociais e ambientais importantes, dado que sem a consciência crítica dessa dimensão perdemos o poder de discernir sobre as conseqüências de nossos atos técnicos.

1.3 Identidade e mudança

Frente a essas transformações, particularmente referidas ao processo de “globalização” intensificado pelas TIC (Castells, 1999), também as identidades culturais⁶ mudam para se adaptar às novas e móveis relações sociais. Não é

⁶ De acordo com a concepção sociológica clássica, a identidade é formada na “interação” entre o eu e a sociedade. O sujeito (sociológico) ainda tem um núcleo ou essência interior que é o “eu real” (um “centro” que emerge pela primeira vez quando o sujeito nasce e com ele se desenvolve, ainda que permanecendo essencialmente o mesmo – contínuo ou “idêntico” a ele –

processo novo, estando em desenvolvimento desde a expansão do mercado mundial a partir da industrialização na Europa, e mesmo antes. Marx referiu-se, no manifesto comunista de 1848, ao caráter da mudança na modernidade como

a revolução constante da produção, os distúrbios ininterruptos de todas as condições sociais, as incertezas e agitações permanentes... Todas as relações firmes, sólidas, com sua série de preconceitos e opiniões antigas e veneráveis foram varridas, todas as novas tornaram-se antiquadas antes que pudessem ossificar. Tudo o que é sólido derrete-se no ar... (Marx e Engels, 1998, pp. 13-14).

Hall considera que as sociedades “modernas” são, portanto, por definição, sociedades em mudança constante, rápida e permanente, o que as diferencia das sociedades “tradicionais”. Para essas, argumenta Giddens,

o passado é honrado e os símbolos valorizados porque contêm e perpetuam a experiência de gerações. A tradição é um modo de integrar a monitoração da ação com a organização tempo-espacial da comunidade. Ela é uma maneira de lidar com o tempo e o espaço, que insere qualquer atividade ou experiência particular dentro da continuidade do passado, presente e futuro, sendo estes por sua vez estruturados por práticas sociais recorrentes (Giddens, 1991a, p. 44).

durante sua existência, que configurava o sujeito da Ilustração), mas este é formado e modificado num diálogo contínuo com os mundos culturais “exteriores” e as identidades que esses mundos oferecem. Assim, o sujeito sociológico refletia a crescente complexidade do mundo moderno, e a consciência de que este núcleo interior não era autônomo e auto-suficiente, mas era formado na relação com outras pessoas importantes para ele, que mediavam para o sujeito os valores, sentidos e símbolos, ou seja, a cultura dos mundos que ele/ela habitava. Nessa concepção sociológica, a identidade preenche o espaço entre o “interior” e o “exterior” – entre o mundo pessoal e o mundo público. Costura o indivíduo à estrutura. O que se argumenta, entretanto, é que esse sujeito previamente vivido como tendo uma identidade unificada e estável, está se tornando fragmentado, sendo composto não de uma, mas de várias identidades, algumas vezes contraditórias ou não-resolvidas. Esse processo de identificação, através do qual nos projetamos em nossas identidades culturais, tornou-se mais provisório, variável e problemático. Seria esse o sujeito da pós-modernidade, compreendido como não possuindo uma identidade fixa, essencial e permanente (Hall, 2000, pp. 11-12).

A complexidade de determinações possíveis a constituírem o perfil de cada indivíduo, de cada grupo e da humanidade, não permite falar propriamente de sua “identidade”, mas de suas “identidades”. A identidade move-se, adapta-se, altera-se, interminavelmente. Todo indivíduo e todo grupo, assim como a humanidade, na medida em que são saudáveis, estão em movimento, em transformação.

Para Hall a modernidade, ao contrário, “não é definida apenas como a experiência de convivência com a mudança rápida, abrangente e contínua, mas é uma forma altamente reflexiva de vida” (Hall, 2000, p. 15), ao que complementa com a afirmação de Giddens de que “as práticas sociais são constantemente examinadas e reformadas à luz da informação renovada sobre estas próprias práticas, alterando assim constitutivamente seu caráter” (Giddens, 1991a, p. 45).

Pode ser ainda restrito a parcelas crescentes das classes média e média alta brasileira (e de países pobres em geral) o acesso às TIC, particularmente com relação à telemática, denotando já um processo de mais separação social (aproximando-se de um *apartheid* sociotécnico); mas também significa que as interferências interculturais sobre os incluídos se intensificam com conseqüências imprevisíveis. Por outro lado, o mundo fica mais conectado e, em alguma medida, mais solidário. Os riscos de manipulação cultural se intensificam, posto que o excesso de informação não filtrada pela cultura desestabiliza, exigindo cada vez mais consciência e sintonia com as realidades globais e locais. Sem dúvida, as identidades culturais são profundamente afetadas e, com elas, todas as relações sociais.

Essas considerações podem servir como um indicativo do profundo e inseparável envolvimento da mudança tecnológica com a transformação social, o que também sugere a imbricação da técnica com a cultura, na medida que a técnica, que viabiliza a mudança, é ao mesmo tempo fruto da mudança que protagoniza, ou seja, ela é mãe e filha da mudança de cultura.

1.4 Política de C&T e ensino de engenharia

A esses aspectos gerais da mudança, associa-se um outro do processo de “globalização” referido à política de Ciência e Tecnologia de países “em desenvolvimento” como o Brasil, que se reflete direta e profundamente no ensino de engenharia. De acordo com Dagnino, essa política assume nos países capitalistas, em qualquer tempo histórico, renovadas características que vincula a dinâmica mundial da ampliação das fronteiras do conhecimento científico-tecnológico a interesses parcelares de elites econômicas, políticas e científicas dos países ricos e dominantes (que, via o estado e o mercado, colocam sucessivos desafios a um

sistema de produção de conhecimento cada vez mais privatizado, ávido por resultados econômicos e internacionalizado, visando ao atendimento de suas demandas específicas) (Dagnino, 2000b).

Para este autor essa dinâmica, “por ser determinada por países que produzem conhecimento original e o transformam permanente e exemplarmente em inovações que alavancam seu desenvolvimento, tende a obscurecer o fato de que a ciência e a tecnologia são construções sociais historicamente determinadas”, de modo que, ao contrário do caráter de neutralidade e universalidade que se lhes procura imputar, configuram uma rede de “relações sociais que naqueles países sinaliza áreas de relevância – econômica, social e militar –” que é responsável pelo mecanismo de indução da dinâmica tecnológica e científica e de produção/reprodução de conhecimento em geral (Dagnino, 2000b).

Desdobramentos dessa indução ao nível das políticas de pesquisa científico-tecnológica e conseqüentemente de ensino nas instituições públicas dos países “em desenvolvimento” podem ser vislumbrados.

As atividades de ensino e pesquisa nas universidades públicas, por conta do caráter de dependência associado à indução, afasta ou desvincula em boa medida a construção e incorporação de conhecimentos tecnocientíficos destinados a suprir necessidades e especificidades socioculturais definidas pelo conjunto da sociedade (em nível nacional, regional e mesmo local), o que inibe a estruturação de um processo de formação socialmente relevante⁷ para os países da “periferia”, constituindo-se numa disfuncionalidade universitária de caráter estrutural da condição periférica, que é determinada, segundo aquele autor,

por um processo de desenvolvimento econômico e social excludente que não tem levado à inovação tecno-produtiva (nem o modelo primário exportador, ou o de

⁷ Muitas são as interpretações possíveis para o que é socialmente relevante. No contexto desta tese, e de acordo com as argumentações aqui desenvolvidas, uma formação tecnológica socialmente relevante seria pautada pelo equilíbrio entre fatores técnicos e socioculturais, visando ao atendimento de demandas definidas por todos os setores da sociedade, e não apenas de uma suposta primazia do conhecimento tecnocientífico, o que implica a busca da superação da perspectiva tecnocrática e a descentração do tecnocentrismo.

Trata-se também de uma formação que engaje o indivíduo efetivamente na sociedade (na sua sociedade!), tornando-o cidadão crítico, consciente e ativo nas questões que dizem respeito a ele e aos seus, e não apenas num “obedecedor” de ordens apto a cumprir funções que nada têm a ver com seu entorno próximo.

substituição de importações, e menos ainda o de abertura neoliberal e da globalização – todos determinados por fatores sociopolíticos internos e externos conhecidos – demandaram de forma significativa profissionais qualificados ou conhecimento localmente produzido) (*idem*, 2000).

Considerações dessa natureza indicam vigorosamente que o caráter de universalidade e neutralidade que se procura imputar ao conhecimento científico-tecnológico praticado nas universidades apenas fortalece a idéia pouco efetiva e parcial de um determinismo científico e tecnológico global que inibe a visão de uma tecnologia com compromissos e especificidades locais, principalmente num período histórico em que a idéia de globalização parece evocar a de unicidade e finitude do mundo.

1.5 Formação social de engenheiros

A engenharia é, para um país como o Brasil, uma atividade que possibilita alcançar um *status* social destacado. É de se esperar que pessoas busquem essa profissão como modo de ascender socialmente, e financeiramente. Outrossim, existem certas características adquiridas, como o desejo de ordem, a orientação para o pensamento quantitativo, o fascínio pela construção e manipulação de objetos, que provavelmente devem auxiliar a escolha dessas pessoas pela profissão técnica (Winner, 2000). Nesse sentido, muitas são as razões socioculturais que levam as pessoas a se interessarem por essa profissão e pela técnica.

A formação adquirida e os postos de trabalho que assumem colocam os engenheiros em posição privilegiada no que se refere à compreensão e interferência no processo de construção mundial. Nitidamente, através das diferentes especialidades, estariam em condições de perceber antecipadamente as perspectivas de mudança, realizar prospecções e participar ativamente, como classe, dos processos de escolha de rumos tecnológicos sintonizados com as opções que poderiam produzir um mundo socialmente mais tolerável. Entretanto, o tipo de formação parcelar e as condições de trabalho a que são submetidos limitam sua capacidade de ver, através das suas capacitações, suas implicações mais amplas.

O ensino de engenharia dedica-se corretamente a formar indivíduos com elevada capacidade técnica, simultaneamente fomentando e intensificando a fixação das tendências culturais ao pensamento quantitativo e linear, fragmentário e tecnicizado daqueles que buscam essa profissão. Não cuida de modo explícito daqueles aspectos em que os alunos costumam ser mais deficientes, ou seja, da compreensão das interações da técnica e da tecnologia com a sociedade, da capacidade de ver de forma crítica sua profissão e o seu objeto de trabalho, e a da capacidade de comunicação e expressão, que poderiam torná-los mais aptos a ter voz e papel relevantes na esfera pública. Os estudantes costumam sair das escolas de engenharia, mesmo daquelas que pelos critérios atualmente estabelecidos são consideradas melhores, preparados para aceitar desafios “técnicos”, mas sem preparo adequado para pensar por eles mesmos como cidadãos em uma sociedade democrática. Essa disjunção pode estar centrada em pressupostos que orientam as atividades e atitudes acadêmicas, bem como em políticas de fomento institucionais.

Para Winner, “não se costuma fomentar a perspectiva de uma sociedade na qual os que têm conhecimentos técnicos examinem as possibilidades de construção do mundo em seus próprios campos de especialidade com pessoas alheias a suas organizações ou áreas” (Winner, 2000, p. 182), ou seja, que sejam capacitados a assumir atitude interdisciplinar própria a qualquer atividade que provoca interferências sociais, ou, mais amplamente, a experiência da democracia.

Não se trata da mera localização e visão do poder que o conhecimento técnico pode conferir a seus detentores. Uma formação estruturada em bases sociotécnicas pode estar associada à “transmissão de poder social” (Fourez, 1995, p. 223) também para os especialistas técnicos, o que constitui uma opção sociopolítica que pressupõe assentar-se numa base ética.

É cabível suspeitar que, em se tratando das imbricações sociais da ciência e da tecnologia no ensino e mesmo na pesquisa acadêmica, professores de engenharia tendam a orientar-se mais por um senso comum científico-tecnológico, dependente por excelência, sem considerarem formalmente um dos princípios que orientam toda a atividade acadêmica relevante, que é a análise crítica do processo de construção do próprio conhecimento, notadamente no que se refere a suas implicações mais amplas.

Como em toda profissão reconhecida, espera-se que os indivíduos que a exercem possuam um comportamento determinado, estabelecido por regras de conduta e postura apropriadas para a profissão. Uma vez que os cursos de engenharia não costumam oferecer disciplinas orientadas para a formação da personalidade do engenheiro e de suas relações com a sociedade, é lícito admitir que o comportamento “desejado” seja desenvolvido a partir das relações que se estabelecem entre professores e alunos, entre colegas, por posturas institucionais e através dos meios de difusão social de informação.

Dada a diversidade sociocultural dos iniciantes, muitas “arestas” deverão ser aparadas ao longo da formação, constituindo-se o processo de formação social do engenheiro uma iniciação realizada de forma coercitiva (Fleck, 1986) e acrítica, tendendo à reprodução e importação assistemática e fragmentada de determinadas formas de ver as interações entre o engenheiro e a sociedade por todos os atores envolvidos no processo de formação.

Da mesma forma, e pelas mesmas razões, o processo coercitivo se faz presente através das maneiras pessoais de ver a ciência, a técnica e a tecnologia, que emergem na estruturação pedagógica e no tratamento didático, pertencentes à “cultura” do engenheiro e do tecnólogo. Tais concepções favorecem o tratamento asséptico e fragmentário da técnica, igualmente inibindo a emergência de aspectos importantes de sua natureza constitutiva. Assim, tecnologia e sociedade apresentam-se como culturas distintas que aparentemente não possuem ligação maior do que aquela que se estabelece através dos artefatos tecnológicos, a primeira produzindo e reproduzindo e a segunda consumindo.

Atualmente, dada a evidente intensificação dos processos de transformação tecnológica, e a centralidade da tecnologia nas relações sociais, reforçou-se a idéia de que é necessário para o desempenho adequado da função de engenheiro combinar um sólido conhecimento técnico-científico com a vontade perene de resolver problemas práticos com eficiência e criatividade (Winner, 2000; Pluchent, 1997; Moraes, 1999 e 1997, Silva; 1999). Sem dúvida, esses critérios não são suficientes para caracterizar a função do engenheiro, mas parecem delimitá-la com bastante precisão, já que na falta de algum deles ter-se-ia um engenheiro com deficiências importantes para o atendimento das “exigências” profissionais. Defende-se também que os engenheiros devem possuir outros atributos – inclusive de caráter

humanístico – que ampliem a sua capacidade de ação profissional para atendimento de demandas bem direcionadas.

A conjugação desses quatro critérios (conhecimento sólido, vontade perene, eficiência e criatividade) permite formar um engenheiro aceitável para uma determinada visão de inserção social desse profissional. Falta, contudo, associar formalmente a esses critérios uma dimensão essencial existente, mas deslocada: a dimensão sociocultural e essencialmente humana da tecnologia. Como pode um engenheiro sem essas características participar plenamente – com consciência – do processo de desenvolvimento de uma sociedade?

Essa pergunta remete imediatamente a outra, não tão elementar quanto possa parecer aos iniciados na profissão de ensinar as técnicas: a que tipo de desenvolvimento concerne a atividade da engenharia?

1.6 Inovação e criatividade

Uma das pressões atualmente exercidas sobre o processo de formação dos profissionais de engenharia assenta-se na idéia de que o conhecimento da engenharia estaria linearmente relacionado à inovação e esse seria um motor do tipo de desenvolvimento tecnológico que seria vivenciado durante o século 21.

Winner comenta que “o futuro, segundo o ponto de vista dominante, emana de uma corrente de inovações tecnológicas que nascem dos laboratórios e das campanhas de *marketing* das empresas. A sociedade muda para adaptar-se a essa avalanche de sistemas e aparatos” (Winner, 2000, p. 174).

Inovação e criatividade seriam, desse modo, duas características fundamentais para esse novo tipo de engenheiro. Mas de que servem essas duas características se desacompanhadas da capacidade de analisar criticamente o que se faz? Para produzir transformações efetivas, e fugir à *lógica do matadouro*⁸, a crítica deveria ser

⁸ Segundo Edgar Morin, “o desenvolvimento da técnica não provoca somente processos de emancipação, mas também novos processos de manipulação do homem pelo homem ou dos indivíduos humanos pelas entidades sociais. Digo ‘novos’ porque se tinham inventado desde a pré-história, processos muito requintados de sujeição ou subjugação, sobretudo com relação aos animais domesticados. A sujeição significa que o sujeito sujeitado sempre julga que trabalha para seus próprios fins, desconhecendo que, na realidade, trabalha para o fim daquele que o sujeita.

capaz de fazer emergir os pressupostos nos quais baseamos nossos julgamentos e atitudes, e possibilitar expor suas contradições relativas às condições sociais imbricadas com a produção criativa e inovadora. Contradições que permitam questionar o tipo de mundo que estamos construindo, e que possibilitem assentar os processos de criação e inovação tecnológica sobre bases éticas.

A definição clássica dá conta de que a inovação constitui, em princípio, a criação ou adaptação de novos conhecimentos e sua aplicação a um processo produtivo, com repercussão e aceitação no mercado. Entretanto, esta definição não responde onde esses conhecimentos vão ser criados ou demandados ao longo do processo inovador (Cerezo e Valenti, 1999).

Um pressuposto histórico estabeleceu que uma base científica forte seria suficiente para estimular o processo inovador, e que era suficiente formar e preparar pesquisadores científicos para conseguir a injeção de conhecimento de interesse no âmbito econômico.

Atualmente, de acordo com esses autores, admite-se a imprecisão desse argumento, uma vez que muitas inovações surgem nas empresas, em centros tecnológicos, a partir de atores diferenciados e não especializados, como fruto de demandas dos consumidores e interesses dos próprios trabalhadores.

Esta constatação aponta para uma nova compreensão de criatividade, como fruto de transformações históricas, passando de uma criatividade individual e espontânea que foi característica do período da primeira revolução industrial (embora transferida por canais sociais), já sofrendo um processo de aglutinação durante a segunda revolução industrial, para uma criatividade de tipo coletivo a partir da segunda guerra mundial, que esses autores denominam de “criatividade organizada”.

Um dos aspectos marcantes da criatividade organizada é o caráter agregador das capacidades e esforços individuais em prol de uma maior implementação dos seus resultados, uma vez que os problemas que se propõem atualmente estão crescendo em complexidade. “Assistimos, por conseguinte, à passagem de um processo inventivo a um processo inovador, quer dizer, à passagem da invenção como expressão individual da criatividade para a inovação como processo coletivo de criatividade” (*idem*).

Assim, o carneiro-chefe do rebanho, julga que continua a comandar seu rebanho, quando, na realidade, obedece ao pastor e, finalmente, à *lógica do matadouro*” (Morin, 1999, p. 109).

A criatividade e a versatilidade na formação de especialistas é ademais necessária na sociedade contemporânea, pois esta requer cada vez mais “especialistas temporais”, dado o vertiginoso ritmo da mudança tecnológica atual e os breves períodos de tempo nos quais hoje parecem caducar muitos conteúdos de conhecimento.

A super-especialização dos estudantes poderia ser encarada neste sentido como geradora de problemas sociais, através do chamado “efeito túnel”, que tende a cegar os profissionais para qualquer consideração que ultrapasse o âmbito de suas competências técnicas. Parafraseando John Ziman, Cerezo e Valenti consideram que

muito possivelmente os engenheiros, do mesmo modo que os cientistas, estariam mais bem formados para a sua vida profissional se soubessem um pouco menos *de* ciência e algo mais *sobre* ciência. Como também estariam mais bem formados se tivessem algo menos de especialização temática e um pouco mais de versatilidade criativa. Os conteúdos terão que continuar sendo adquiridos e atualizados durante a vida profissional; as atitudes são muito mais difíceis de adquirir ou modificar (*idem*).

1.7 Mudança/assimilação tecnológica e determinismo

A mudança tecnológica, considerada tradicionalmente como um processo evolutivo e acumulativo, supõe normalmente uma inovação tecnológica baseada na acumulação prévia de uma capacidade tecnológica. Não obstante, há tecnologias que nunca chegam a materializar-se, que desaparecem, que ficam obsoletas, que morrem, que se modificam e se cristalizam. É desse modo que se podem perceber mudanças contínuas e descontínuas no comportamento da tecnologia. Poder-se-ia dizer que o substrato que Pacey (1990) caracteriza como universal, realimenta-se através de mudanças contínuas e acumulativas, e o substrato da prática tecnológica muda em função do entorno de maneira descontínua e ao acaso. Há, pois, segundo essa visão, uma superposição de diferentes tipos de mudança.

A esse respeito, pode-se encontrar diferentes abordagens do estudo da mudança tecnológica na inovação no último século, onde a dificuldade para explicar

conceitualmente a inovação e a mudança tecnológica se amplia consideravelmente ao tentar abordar o estudo empírico devido à dificuldade de medir essas mudanças de forma unívoca, total e universal.

De qualquer maneira parece óbvio que, para nós engenheiros e tecnólogos, o exercício da profissão deve estar centralmente relacionado com a resolução eficiente de problemas técnicos, de preferência em curto prazo, e que nossa participação no processo de mudança tecnológica independe de nossos desejos e ações, sendo algo ao qual devemos apenas nos conformar, preparando-nos adequadamente para o atendimento das demandas do processo de mudança. Como uma das conseqüências dessa interpretação do caráter da profissão, justificar-se-ia a idéia de que não temos controle sobre os resultados de nossas produções e, portanto, não poderíamos ser responsabilizados pelos seus usos.

Essa interpretação, contudo, não é de modo algum unânime e remete a duas formas de ver o processo de mudança/assimilação tecnológica e o conseqüente comportamento dos engenheiros e tecnólogos.

A primeira, e certamente a que possui mais força em nossos dias, percebe a tecnologia como motor do mundo (a tecnologia cria e os seres e a natureza se adaptam). A outra forma percebe a tecnologia como conseqüência de escolhas possíveis com as quais convivemos, ou seja, as mudanças tecnológicas e sociais seriam resultado de imprevistos, com opções possíveis e fruto de escolhas. Para essa última, a escolha do processo de transformação ou adaptação da/natureza é factível.

Ambas as formas podem estar vinculadas à existência de um motor único, representado pela mais-valia globalizada (Santos, 2001, p. 24), mas a segunda alimenta a possibilidade da descentração desse motor, na medida que procura oferecer condições para que a técnica seja posta a serviço da humanidade, e que o mercado transforme-se em instrumento da cidadania e não o contrário (Demo, 1999b, p.29).

A práxis da engenharia parece tender mais para a primeira forma, determinista tecnológica, vendo a mudança tecnológica como um processo inexorável e independente da vontade humana. Essa constatação possui desdobramentos que merecem ser examinados em profundidade porque sustenta, mesmo que implicitamente, muitos do procederes e condutas adotadas no ensino de engenharia

que repercutem na atividade dos egressos. Poderia explicar, por exemplo, um aparente descompromisso de profissionais de engenharia com os rumos a que o processo de mudança tecnológica estaria conduzindo a humanidade, que se manifestaria através de tipos de atividades a que se submetem os engenheiros e que emergem nos diversos artefatos tecnológicos. Essa forma de ver poderia estar associada a uma tendência de assunção pouco conseqüente da responsabilidade moral dos engenheiros pelos resultados de suas atividades profissionais, e que lamentavelmente tem se manifestado com frequência crescente. Os impactos, discutíveis certamente, das diferentes tecnologias postas à disposição das sociedades dão mostras da complexidade dessa questão formativa.

Outra questão estaria relacionada com o aproveitamento do grande esforço individual realizado pelas pessoas que buscam essa profissão. Parece claro para o pensamento hegemônico que o conhecimento técnico-científico construído ao longo da vida acadêmica seja colocado a serviço da técnica. Nesse caso, a técnica pode ocupar lugar central nas preocupações dos engenheiros e, desse modo, o meio (o conhecimento técnico visto como instrumento) pode transformar-se em fim (o desenvolvimento do próprio instrumento). Desacompanhado da reflexão crítica, tal tipo de conhecimento não possui, em princípio, qualquer relação formal com sua apropriação social e nem compromisso explícito com algum tipo de construção de mundo.

Isso poderia explicar, em parte, a aceitação de engenheiros em participar de projetos dos quais resultem produtos de utilidade discutível ou que produzam danos sociais e ambientais, ou de se disporem a preparar argumentos “técnicos” de validade ambígua, que sejam utilizados para a tomada de decisão política para a construção e utilização de artefatos na esfera pública.

Para essa forma de ver, principalmente na área técnica, os argumentos que defendem a necessidade de mudança no ensino técnico, que visam entre outros a criatividade, a inovação, a negociação, a sociabilidade, parecem estar voltados mais para o atendimento das pressões por aumento de produtividade e diversificação de produtos das empresas, apresentando-se aparentemente descolados das – ou como se desconhecêssem as – realidades que ajudam a construir.

Pode-se defender que essas realidades seriam adaptativas, isto é, seriam conformáveis e redutíveis às criações tecnológicas das empresas e, em princípio, não

causariam problemas maiores, ou até mesmo estariam previstas nas metas de desenvolvimento tecnológico, que afinal denunciariam o caráter evolucionário⁹ da humanidade.

Visões deterministas e centralizadoras da técnica e da tecnologia, que normalmente estão associadas a atitudes tecnocráticas, podem ser decorrentes também do tratamento fragmentário do conhecimento científico-tecnológico praticado nas escolas de engenharia.

Para a segunda forma de ver o processo de mudança/assimilação tecnológica, que percebe a tecnologia como conseqüência de escolhas possíveis com as quais convivemos, e que certamente não se enquadra numa visão determinista ingênua da tecnologia, o pensamento da engenharia seria orientado por uma lógica distinta, menos linear e mais complexa, na qual o conhecimento técnico seria entremeado de sua essência. Como conseqüência, poder-se-iam criar as condições que permitiriam aos engenheiros dar-se conta da responsabilidade especial que os implica como atores privilegiados da construção do mundo; não de qualquer mundo, mas de um mundo em que valha a pena viver.

Claramente essa não é uma tarefa que pode ser realizada apenas por engenheiros, pois diz respeito a todos os cidadãos. Neste sentido, a busca das condições propícias à sua realização, por parte das escolas de engenharia, deveria estar relacionada a atitudes formativas voltadas também para abordagens que considerem a natureza complexa do conhecimento científico-tecnológico e da sociedade científico-tecnológica que o desenvolve e o utiliza (Morin, 1999), pois é daí que emergem as imbricações com os princípios de negociação, de ação política, de necessidade, de diferença, de alteridade, de cultura, entre outros.

1.8 Sobre ética e intervenção tecnológica

A capacidade de transformação engendrada pela tecnologia é de tal monta que hoje não se pode mais descartar o que há alguns anos poderia ser considerado como

⁹ Relativo ao processo que, segundo certas teorias antropológicas, determina o surgimento de novos elementos socioculturais (técnicas, formas de organização social, crenças, costumes, conhecimentos, etc.), mais complexos e diferenciados, como resultado de adaptações e modificações contínuas e progressivas de elementos anteriores, mais simples.

ficção. A ficção, afinal, parece ter em muitos casos se transformado em realidade. Muitos são os exemplos de uma materialização da ficção científica, que poderia ter emergido das entranhas de uma tecnologia autônoma e determinista.

A intervenção tecnológica atingiu, na última década, um nível tal, que parece já não ser mais possível prever com clareza as conseqüências das ações humanas sobre o mundo, o que provoca incertezas e angústias que não faziam parte da natureza mesma da atividade tecnológica que a possibilita. Desse modo, torna-se mais difícil justificar a ausência de fatores não-técnicos ao conjunto de critérios que compõem a construção da coisa técnica (dos artefatos).

Tal qual as histórias de Frankenstein e de Golem é cada vez mais perceptível, no âmago da tecnologia, a presença incômoda e materializável do bem e do mal, que não se limita apenas aos usos dos produtos da tecnologia, mas à sua própria constituição. Tecnologias podem ser especificamente elaboradas para o atendimento de determinados interesses e segundo determinadas ideologias, o que faz emergir com vigor renovado a questão ética em todas as áreas envolvidas com a tecnologia e, em particular, na educação tecnológica.

No momento em que esta tese é elaborada, terríveis acontecimentos fazem emergir novamente, com veemência avassaladora, o lado cruel da humanidade.

Os acontecimentos iniciados em 11 de setembro de 2001 que provocaram comoção no mundo ocidental geraram as mais diferentes manifestações públicas sobre uma estarrecedora realidade: a tecnologia envolvida nesses episódios foi apenas uma apropriação inadequada, para mau uso de alguns fanáticos ligados a “religiões” ou a governos, ou seriam tecnologias especialmente estruturadas para esses fins?

Pode-se afirmar que os aviões comerciais usados como mísseis não possuíam, em essência, o objetivo de serem empregados como tais. Contudo, a história da aviação confunde-se com a história da guerra e dos interesses mais diversificados, de modo que se deve considerar mais elementos na análise das estruturas tecnológicas que os tornaram o que são.

A bactéria Antraz, empregada nessa “guerra”, por exemplo, existe na natureza, mas determinadas formas manipuladas em laboratório parecem ter sido especificamente preparadas para provocar efeitos danosos à vida humana, na

chamada guerra bacteriológica. Segundo essa forma de ver, o “bom” uso da forma concentrada de Antraz constituiria um efeito secundário, e não a intenção principal de sua elaboração, invertendo a máxima que afirma ser a tecnologia essencialmente benfeitora da humanidade, sendo seu mau uso um desvio.

Outra possibilidade, menos evidente, mas não menos problemática, é o que Cristovam Buarque chama de ruptura biológica, que a humanidade já tem condições de fazer, através da biotecnologia, da engenharia genética e da bioengenharia. Para Buarque, “com a tecnologia que está aí não é difícil, dentro de mais algum tempo, termos os ricos vivendo 100, 120, 130 anos, sem doenças, inteligentes... E outros que fiquem excluídos disso vão viver 40, 42 anos em média. Ficarão doentes, fracos, sem desenvolvimento intelectual. Haverá uma falta de respeito mútuo. A biotecnologia pode construir uma espécie de super-homens e deixar os outros como somos hoje. Ou até piores” (Buarque, 2000)¹⁰.

Por outro lado, os inegáveis benefícios possibilitados pela tecnologia devem ser exaltados exatamente porque podem promover bem-estar social.

A impossibilidade de se deixar de considerar os efeitos nocivos da tecnologia, principalmente a partir do final do século 20, há cerca de dez anos, coloca claramente em xeque a antiga visão de benefício social da tecnologia, que já vinha sendo denunciada desde os anos 1960. Não há como evitar o debate dessa questão na formação de tecnólogos, tais os efeitos da intervenção tecnológica nesse início do século 21, que tem desestabilizado, a par da redução do poder de controle dos Estados-nação, as sociedades ocidentais. A relativa tranquilidade e segurança anunciadas pelos defensores do benefício incondicional da tecnologia desmancharam-se no ar, literalmente. Em seu lugar aparecem as dúvidas e as incertezas quanto ao futuro da humanidade, reforçando as visões apocalípticas baseadas em tecnologia tantas vezes reproduzidas pelo cinema.

Para Ulrich Beck estamos nos encaminhando para uma nova modernidade, na qual o eixo que estrutura nossa sociedade industrial já não é a clássica distribuição de bens, mas sim a distribuição de males (Cerezo e Luján, 2000).

“A sociedade de risco – afirma Beck (1998, p. 10) – começa onde termina a tradição, quando, em todas as esferas da vida já não podemos dar por supostas a

¹⁰ Entrevista ao InformAndes, 2000.

certezas tradicionais. Quanto menos podemos confiar nas seguranças tradicionais, mais riscos devemos negociar” (Beck, *apud* Cerezo e Luján, 2000, p. 21).

Corroborando de certo modo a idéia de risco, o economista e ativista norte-americano Jeremy Rifkin não se cansa de denunciar os riscos do casamento entre interesses parcelares e tecnologia, quando se refere à engenharia genética e à biotecnologia. Trata-se, evidentemente, de um relacionamento em que o desenvolvimento tecnológico pode estar sendo orientado para fins em que o benefício seria não a razão, mas uma consequência dos desenvolvimentos, o que sugere o deslocamento ou a descentração da idéia de benefício, senão sua eliminação das relações econômicas e cognitivas da tecnologia.

1.9 Sobre o conceito de cultura

Como a abordagem do ensino de engenharia realizada nesta tese está vinculada às de suas imbricações sociais e culturais, do mesmo modo que com a ciência e a tecnologia, faz-se necessário realizar uma breve abordagem do conceito de cultura adotado, posto que este se plasma também no contexto das interações entre ciência, tecnologia e sociedade, o que é aqui realizado com aporte das interpretações de Manuel Medina (Medina, 2001).

Em sua obra *Primitive Culture* (1871), E.B. Tylor, um dos fundadores da moderna antropologia deu uma precisa definição integradora de cultura: “Cultura ou civilização ... é esse *todo complexo* que inclui conhecimentos, crenças, arte, moral, leis, costumes e *quaisquer outras capacidades* e hábitos adquiridos pelo homem como membro de uma sociedade” (Tylor, *apud* Medina, 2001, p. 79). A definição de Tylor contrasta claramente com a divisão filosófica entre cultura e civilização, que se estabeleceu entre finais do século 19 e início do século 20. Segundo esta distinção, ter-se-ia que separar, por um lado, as interpretações e valores humanos, concernentes à arte, à filosofia, à religião, à moral, ao direito etc., como integrantes da cultura (*espiritual*), e por outro lado, como civilização (*material*), todos os conhecimentos, capacidades e produtos técnicos, associados com o desenvolvimento da ciência e da tecnologia modernas.

Este tipo de versão moderna das interpretações divisórias da cultura foi superado na antropologia atual por uma concepção integrada e global. Por cultura se

entende “o estilo de vida total” que inclui todos “os modos normalizados e recorrentes de pensar, sentir e atuar” (Harris, 1987, p. 123), ou, dito de outra forma, “o sistema integrado” que inclui tanto “padrões aprendidos de comportamento” como “objetos materiais” (Hoebel e Weaver, 1985, p. 269). Para referir-se diretamente a estes últimos, foi alcunhado o termo “cultura material”, que em nenhum caso se contrapõe à hipotética “cultura espiritual”, posto que os mesmos artefatos materiais, sua construção e seu uso estão intimamente associados com conteúdos simbólicos, interpretações e valores. Em todo caso, a cultura material pode se diferenciar da cultura imaterial, relativa às normas e artefatos predominantemente simbólicos (Hoebel e Weaver, 1985, p. 303).

Na arqueologia moderna, a integração dos artefatos e das técnicas materiais como parte essencial da cultura é, obviamente, ainda mais explícita. Cultura se define como “a combinação de material, atividades e normas que forma um sistema cultural” (Rouse, 1973, p. 255). Mesmo na sociologia, onde o conceito de cultura ocupa um lugar muito importante, “cultura se refere à totalidade do modo de vida dos membros de uma sociedade”, incluindo “os valores que compartilham... as normas que acatam e os *bens materiais* que produzem” (Giddens, 1991b, p. 65).

Desse modo, as ciências sociais que fizeram da cultura um objeto central de seu estudo estabeleceram laços, em termos modernos, com a tradição prometeica original. Isto supôs deixar de lado tanto as antigas como as modernas interpretações divisórias propugnadas pela filosofia tradicional.

Pretende-se, com essas considerações, superar a divisão que se tem realizado historicamente entre técnica e cultura, que inibe ao nível da constituição do conhecimento da engenharia considerações de critérios de projeto que incluam os aspectos ditos não técnicos, tais como valores, e nas tomadas de decisão técnica, a participação democrática dos não especialistas. Essa posição levanta questões importantes, tais como a do que se considerar como elementos constituintes da formação de engenheiros, tão em moda atualmente, em decorrência de “necessidades” que têm sido apontadas pelas empresas como modo de aumentar a produtividade por incentivo à participação dos especialistas técnicos, e também a questão da participação e responsabilidade social da engenharia.

É no âmbito dessa contextualização e com as orientações aqui apresentadas que se desenvolvem as reflexões dessa tese.

PRESSUPOSTOS DO ENSINO DE ENGENHARIA

A idéia de que a ciência só concerne aos cientistas é tão anticientífica como é antipoético assumir que a poesia só concerne aos poetas (Gabriel García Márquez, *apud* Cerezo e Ron, 2001).

2.1 Considerações preliminares

A premissa básica é que os pressupostos adotados como balizadores da prática pedagógica da engenharia constituem uma fonte renitente de obstáculos educacionais e epistemológicos que inibem a mudança de visão e a assunção de objetivos claros e socialmente referenciados para a área técnica.

É possível que a educação tecnológica não tenha sido alvo, ao longo de sua história, de críticas tão veementes e de questionamentos tão ricos como os que vem experimentando atualmente. Ao invés de manifestar estranheza por estes fatos, podemos considerar bastante salutar que isso aconteça. Consideremos que, em algum momento de sua história, seria inevitável que isso acontecesse. Até porque jamais podemos esperar maturidade de uma área de conhecimentos sem que ela passe por momentos de crise; mais que isso: que ela seja alvo constante de reflexões, dúvidas, incertezas, análises, ovações. Por isso, nada a estranhar que críticas à própria tecnologia, como objeto de análise, vicejem num mar de necessários questionamentos, pois deles devem emergir constatações de necessárias inter-relações com todas as assumidas esferas de ação e conhecimento humanos.

Nesse sentido, um deslocamento dos aspectos mais tradicionais permite tratar aspectos da tecnologia através de inter-relações mais realísticas, conferindo sentido a abordagens que até agora eram consideradas como não pertencentes ao campo de ensino das técnicas. Tomam corpo, assim, novos entendimentos sobre a tecnologia e sobre o seu papel, aceitando-a como produção social, ou como sócio-sistema, da qual ela não pode ser separada. Portanto, neste entendimento, cabe aprofundar análises dos diversos aspectos que afetam a educação tecnológica, sob o prisma dessas novas compreensões.

Fundamentalmente, trata-se de analisar o pressuposto de que a tecnologia se resume a artefatos ou a aplicação da ciência (González García, Cerezo e Luján, 1996), e as conseqüências da assunção dessas concepções na sua estrutura pedagógica. Note-se que, para essa concepção restrita de tecnologia, a própria educação tecnológica não é considerada como sendo parte dela, mas apenas um meio para a sua configuração (uma peça importante da engrenagem), de modo que os agentes humanos que participam do processo são excluídos, restando para ela apenas os aspectos instrumentais. Como então chamar de tecnológica uma sociedade que não faz parte da tecnologia, mas apenas submete-se a ela? Essa questão será retomada ao longo dessas reflexões.

Cada vez mais, dúvidas a respeito da eficácia dos métodos e dos conteúdos da educação tecnológica, e das suas imbricações sociais, ganham espaços na mídia, nas conversas entre cidadãos comuns e nos meios acadêmicos. Às vezes, são veiculadas críticas severas, e muitas delas pertinentes, atingindo em cheio a supostamente tímida participação de seus resultados na busca de soluções para os problemas que se põem nas sociedades. Isso começa a preocupar inclusive setores sociais mais conservadores, para os quais a mudança é normalmente vista com muitas reservas, à medida que, a cada dia que passa, os problemas daí decorrentes tornam-se mais complexos. É de se esperar que estes problemas também sejam fruto do alto grau de entrelaçamento das questões técnicas com as diversas áreas do conhecimento humano.

Apesar de suas amplas contribuições na formação de mão-de-obra qualificada, que tem contribuído para sustentar a continuidade das evoluções tecnológicas, e até em função de críticas que vem sofrendo, não podemos esquecer que esta forma de educação, tal como se pratica, está de fato necessitando de alguns ajustes.

Reflexões acerca dos resultados e aplicações de tecnologias, que tanto deslumbram por suas badaladas utilidades, hoje mais do que nunca precisam entrar nas pautas de preocupações nos ambientes escolares, dada a admissão da importância do papel que a educação tecnológica possui num mundo reconhecido como tecnológico.

Por mais paradoxal que possa parecer, não há como negar que, apesar da importância que é atribuída aos conhecimentos científicos e tecnológicos atuais, com maior ênfase aos tecnológicos, através dos quais parece aumentar o poder humano de explicar e controlar a natureza, grande parte da população mundial ainda passa por problemas e necessidades injustificáveis, quando se consideram as possibilidades técnicas disponíveis para saná-las. A vontade política tem sido apontada como uma das grandes responsáveis para a solução destes problemas. Mas é de se supor também que reflexões e ajustes no processo de educação tecnológica possam contribuir significativamente para melhorias desse quadro.

Em vários dos países que começam a aprofundar suas análises acerca da imbricada relação entre desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento humano a inclusão de estudos no campo pedagógico e social toma importância ímpar.

Neste capítulo são apresentados e discutidos alguns dos pressupostos assumidos como fundamentalmente representativos da assunção de atitudes associadas ao ensino de engenharia. A identificação desses pressupostos está alicerçada no tripé formado pela vivência pessoal por mais de vinte e cinco anos como professor e pesquisador do departamento de engenharia mecânica da UFSC, pela literatura e aspectos curriculares próprios do ensino de engenharia, e pelo debate e literatura associada a temas CTS propiciados no contato com as áreas de humanidades (educação, sociologia e filosofia).

É perceptível a complexidade da tarefa e da responsabilidade de incitar reflexões a respeito de tais temas. Mas acredito ser necessário, indispensável e inadiável ampliar os debates em torno de questões sobre a natureza do conhecimento e das ações da engenharia que, por sua premência e atualidade, certamente se transformará, também no Brasil, em campo de estudo fundamental para o aprimoramento da tecnologia e do ensino tecnológico.

2.2 Origens históricas do ensino de engenharia no Brasil

Muito da prática do ensino de engenharia brasileiro tem suas origens esquecidas no tempo, como se a historicidade não fizesse parte do ensino tecnológico ou da própria tecnologia. Ainda, agravando tal comportamento, é comum, no modo de pensar associado a esta área, ver-se externada a idéia de que o ensino resulta de uma realidade posta, pronta e acabada, o que nos faz relegar o passado à condição de erros agora desconsideráveis, já que teriam sido finalmente corrigidos.

Desse modo, a todo momento, reproduzimos acriticamente procedimentos didáticos cujas origens virtualmente desconhecemos e que, talvez por isso, os desconsideremos como fatos merecedores de cuidadosa atenção. Tais fatos contribuem para que releguemos as atividades docentes a plano secundário, como se fossem atividades acessórias. E do confronto, na prática acadêmica, da pesquisa, da extensão e da administração com o ensino, este acaba sendo, num caso limite, inclusive menosprezado.

Para traçar um paralelo entre a nossa prática atual e o início da sistematização do ensino técnico, são apresentados dados e análises que ajudam a identificar mais pressupostos, e que são úteis para uma reflexão sobre algumas das características do ensino que realizamos.

Analisa-se em especial alguns aspectos de três escolas técnicas francesas, dos séculos 17 e 18, cujas histórias revelam boas similaridades com a prática do ensino tecnológico brasileiro de hoje. São resgatados elementos da Academia Real de Arquitetura, da Escola de Pontes e Estradas e da Escola de Minas. Estas escolas tiveram características ímpares quer pelo ineditismo do que ajudaram a trazer, em termos de uma nova forma de tratar o ensino e o conhecimento, quer pelo fato de terem, de alguma forma, representado padrões de referência para o ensino tecnológico, em vários países, até os dias de hoje.

Surge um novo ensino

Até o século 17, a idéia de escola implicava basicamente a difusão de conteúdos simbólicos distantes da produção econômica. Tinha um sentido de conferir

cultura (erudita ou enciclopédica), alfabetização e retórica aos filhos daqueles que se destacavam na sociedade. Em essência, era responsabilidade da escola treinar indivíduos para habilitá-los para o trato de assuntos como leitura, escrita, cálculos, dogmas religiosos, leis civis e filosofias (Petitat, 1994). A técnica era ensinada fora das escolas.

A partir do século 17, uma nova forma de ensino aparece, constituindo uma grande novidade no sistema educacional: o ensino técnico. Como organização, esse novo ensino representava um modelo independente da antiga forma de se praticar essa atividade social. E esse novo modelo começava pela abordagem de trabalhos aplicados dentro das escolas, que consistia numa extensão das práticas técnicas e científicas.

As novas instituições, academias e escolas profissionais e técnicas que surgiram, e que privilegiavam um novo enfoque no processo de formação, ajudaram a estabelecer o fim do aprendizado com finalidades mais retóricas que práticas e o início de uma substancial alteração do antigo processo de ensino. O ensino clássico de então era calcado ou no ciclo *produção–treinamento–produção* (isso em relação às destrezas artesanais) ou nas preocupações com as distinções sociais de classes. Mas ainda com esse novo ensino mantém-se um certo dualismo, que conferia às instituições superiores as responsabilidades de trabalhar com as necessidades do estado, e às escolas profissionais, a preocupação com a formação de classes artesanais, para prepará-las para a produção econômica.

Se tomarmos a França como referência, podemos dizer que as primeiras escolas técnicas superiores foram a Academia Real de Arquitetura, fundada em 1671, a Escola de Pontes e Estradas, implantada em 1747, e a Escola de Minas, de 1783. Embora em número de alunos nenhuma delas fosse significativa, a novidade que ajudaram a trazer em termos de ensino é que lhes conferiu papel de destaque no cenário educacional (Petitat, 1994).

No século 17, na França e na Itália, as academias representavam uma forma importante de organização intelectual, sendo as únicas instituições escolares abertas às pesquisas científicas e atentas às inovações técnicas. Elas preocupavam-se com questões teóricas e problemas concretos, ao contrário das escolas tradicionais, normalmente voltadas para os ensinamentos enciclopédicos, que mais serviam para o deleite dos bem posicionados socialmente. Essa nova forma de ensino ganha força nos séculos 19 e 20.

Principais escolas técnicas francesas

Na *Academia Real de Arquitetura* os trabalhos consistiam em discussões, abordando detalhes técnicos e doutrinas. Eram cursos públicos, deles participando ouvintes e alunos formais. Uma característica marcante desta instituição era a grande liberdade conferida aos alunos, sendo as relações pedagógicas estabelecidas entre mestre e discípulo. Não havia propriamente cursos de graduação, e os horários eram pouco carregados.

No século 18, foram implantados regulamentos mais estritos, que tentavam evitar falcatruas nos concursos e cobravam freqüência às aulas, o que já representava uma novidade em termos de ensino, pois isso antes não acontecia.

Dentre as matérias ensinadas constavam: noções elementares de arquitetura, tipos de materiais, métodos de construção, geometria, aritmética, mecânica, estática, hidráulica, perspectiva, cortes de pedra. Uma característica marcante dessa academia diz respeito ao fato de suas preocupações se abrirem para os novos desenvolvimentos científicos e tecnológicos.

Por sua vez, a *Escola de Pontes e Estradas* iniciou sua trajetória como um escritório de projetistas, que trabalhavam com levantamentos de estradas. Indivíduos eram recrutados para o trabalho e passavam, inicialmente, por um processo de treinamento, para poderem desempenhar suas funções com destreza. A principal função desta escola, nessa fase, era com os trabalhos administrativos. Em 1756, ela passa a trabalhar apenas com empregados-alunos, dando início a um processo de ensino mais formal. Do seu extenso programa constavam basicamente: geometria, álgebra, mecânica, hidráulica, projeto e desenho, que se somavam a disciplinas lecionadas por professores particulares, tais como física, química, história natural e arquitetura.

No regime disciplinar, ela era mais rigorosa que a *Academia Real de Arquitetura*, preocupando-se com a vigilância de hábitos e amizades dos estudantes. Uma característica interessante foi a introdução em seu regulamento, em 1775, da delação entre os alunos. Outra diferença, em relação ao ensino clássico de então, que esta escola ajudou a disseminar foi a classificação dos alunos por pontos, o que definia os seus avanços nos estudos, que resultavam no tipo e no nível de trabalhos

a eles atribuídos. Em resumo, a conduta e os resultados alcançados determinavam a carreira do estudante dentro da escola. Isso, em última instância, definia um espírito meritocrático e competitivo entre os aprendizes.

Em relação à terceira escola que nos serve de referência, *Escola de Minas*, uma característica marcante que a destaca diz respeito às demonstrações experimentais lá desenvolvidas. A aquisição das coleções do eminente professor *Le Sage* foram importantes para definir essa tendência. Com elas eram realizadas aulas práticas, abrindo possibilidades para o que poderíamos chamar de “discursos teorizados da natureza”, diferenciando-se, portanto, do ensino tradicional, que privilegiava a oratória e a retórica. Tinha-se aí então, por um lado, não mais um ensino clássico, e, por outro, também não mais um treinamento prático para as artes da fabricação.

Talvez esta escola não passasse de um laboratório para a realização de experiências previamente definidas, um “museu” organizado de minérios e de modelos de máquinas utilizadas em minas e em obras em geral. Mas, de certa forma, o linguajar científico por ela utilizado para descrever o trabalho concreto trouxe erudição para o trabalho técnico, o que viria a estabelecer uma diferenciação marcante em relação ao ensino até então em vigor. Ou seja, passou-se a ter uma descrição e mesmo explicação da natureza intermediada pelo laboratório, valorizando as atividades produtivas através de um discurso técnico-científico.

Essa tendência não é única nessa época, mas serve como símbolo bem acabado de uma forte imbricação entre o discurso científico, a escola e o trabalho produtivo.

A revolução industrial, a instrução e a engenharia

A revolução industrial, como nos apresenta a história, mudou também as condições e as exigências da formação humana.

O desenvolvimento industrial, sob os auspícios da acumulação de capital decorrente da exploração dos novos continentes “descobertos” e da produção e difusão de conhecimentos científicos voltados também para o fazer, traduz-se num longo e inexorável processo de expropriação do artesão das corporações.

Segundo Manacorda, a fábrica no lugar da oficina libera o artesão, e o capitalista, dos velhos laços corporativos e também de sua propriedade, transformando-o no moderno proletário. Com isso, o artesão perde também o lugar de trabalho, a matéria-prima, os instrumentos de produção, a capacidade de desenvolver sozinho o processo produtivo integral, o produto de seu trabalho e a possibilidade de vendê-lo no mercado. Como a fábrica tem na ciência moderna sua maior força produtiva, o ex-artesão é expropriado também da sua pequena ciência, inerente ao seu trabalho (Manacorda, 1996). Alerta-se que essa imbricação com a ciência começa a tomar lugar bem mais tarde (talvez com exceção da indústria química) no processo da Revolução Industrial, mais precisamente no último quartel do século 18 (Herrera, 1971).

A questão principal aqui é que, ao perder sua ciência, pois que ela não possui mais valor nesse novo cenário, o ex-artesão perde também o treinamento teórico-prático que caracterizava todo o desenvolvimento da sua capacidade produtiva: o aprendizado.

Manacorda caracteriza bem essa problemática, ao mesmo tempo em que indica o estabelecimento da mudança como nova condição da existência.

Aquele aprendizado que, desde o antigo Egito, conforme Platão, vimos como forma típica de instrução das massas produtivas artesanais [...] chegou ao fim. O que estará no lugar dele?

Inicialmente nada: os trabalhadores perdem sua antiga instrução e na fábrica só adquirem ignorância. Em seguida, a evolução da “moderníssima ciência da tecnologia” leva a uma substituição cada vez mais rápida dos instrumentos e dos processos produtivos e, portanto, impõe-se o problema de que as massas operárias não se fossilizem nas operações repetitivas das máquinas obsoletas, mas que estejam disponíveis às mudanças tecnológicas, de modo que não se deva sempre recorrer a novos exércitos de trabalhadores mantidos de reserva: isto seria um grande desperdício de forças produtivas. Em vista disso, filantropos, utopistas e até os próprios industriais são obrigados, pela realidade, a se colocarem o problema da instrução das massas operárias para atender às novas necessidades da moderna produção da fábrica: em outros termos, o problema das relações instrução-trabalho ou da instrução técnico-profissional, que será o tema dominante da pedagogia

moderna. Tentam-se, então, duas vias diferentes: ou reproduzir na fábrica os métodos “platônicos” da aprendizagem artesanal, a observação e a imitação, ou derramar no velho odre da escola desinteressada o vinho novo dos conhecimentos profissionais, criando [...] escolas científicas, técnicas e profissionais (Manacorda, 1996, pp. 271-272).

Pretende-se com isso chamar a atenção para a preocupação com o processo de mudança que toma conta do período revolucionário. A partir daí a mudança contínua transforma-se em necessidade vital.

A moderna concepção da engenharia se gesta então no século 18, durante a Ilustração, de modo que as pretensões racionalistas e cientificistas dos ilustrados estão presentes na própria origem da engenharia moderna. O engenheiro Javier Aracil considera que se pode invocar a data de 11 de março de 1794, na qual a Convenção francesa criou a *École Polytechnique*, com o propósito expresso de que o engenheiro fosse mais “sábio” que artista, produzindo-se uma certa ruptura com a tradição pragmática, e inclusive artística, dos engenheiros forjada a partir do Renascimento (Aracil, 1999).

A aplicação de conhecimentos científicos à resolução de problemas práticos, e o próprio emprego do método racional das ciências para essa resolução, começa a ocupar um lugar primordial na metodologia da engenharia. Sem dúvida, esse modo de conceber a engenharia, além de suas claras vantagens, encerra um perigo evidente. Se levada a seus extremos, esquece-se a essência da engenharia, que é a concepção de um mundo artificial e não uma mera aplicação do que já se sabe a determinados problemas práticos. Este autor assevera que “este último é ciência aplicada, algo bem distinto da engenharia, ainda que em determinados casos possam confundir-se. Porém a engenharia, no que possui de concepção, não pressupõe nenhum conhecimento teórico do qual se derive aquilo que se concebe” (*idem*).

Apesar de que a figura do engenheiro¹¹ surge muito antes que a sistematização escolar da engenharia, o profissional de engenharia como conhecemos atualmente é fruto das transformações ocorridas no ensino técnico a partir da revolução industrial, que resultou no que hoje conhecemos como instituição universitária.

¹¹ O termo “engenharia” data de 1789, e o termo “engenheiro” de 1539. (Houaiss, Dic. eletrônico, v1.0, 2001).

Um aspecto importante desse processo de transformação do sistema de ensino superior é a introdução das escolas superiores de engenharia, que surgem, de acordo com Manacorda, “ao lado das universidades [...] O renascimento da universidade, do qual a história da universidade alemã, reformada por Humboldt, é um exemplo típico, consiste no fim do seu caráter abstrato e universalístico e na assunção de todo um conjunto diferenciado de especializações” (Manacorda, 1996, p. 288).

O ensino nas escolas técnicas superiores e as escolas de engenharia

Uma grande novidade que as escolas técnicas trouxeram, portanto, diz respeito ao afastamento entre o ensino das práticas produtivas e a educação enciclopédica, valorizando o viés científico. Em última instância isso significou afastar a educação das coisas em si – objetos e fenômenos da natureza –, e aproximá-la fortemente dos modelos teóricos (principalmente matematizados), ou seja, das representações idealizadas delas. Através de classificações, nomenclaturas e teorias, o ensino passou a cuidar de uma nova forma de tratar o trabalho, que passou a ser intermediado, na sua fase de aprendizagem, pelo laboratório, e não mais apenas pela prática cotidiana. Com isso, introduziu-se uma linguagem de conotação mais erudita para tratar o trabalho de produção. E foi justamente essa nova linguagem universalizante que dotou os funcionários-engenheiros de uma cultura distinta dos conhecimentos e das tecnologias empíricas dos trabalhadores manuais. Assim, estabeleceu-se um discurso técnico-científico, permitindo que uma prática de observação e experimentação penetrasse no ensino.

É esta mesma linguagem, também, que participa de uma nova forma de tratar a natureza, quando esta passou a ser submetida à tarefa da descoberta de leis que a enquadrasse em modelos bem comportados. Também aí a escola técnica superior contribui para que seja estabelecida uma participação de determinada classe de indivíduos no poder social e no poder sobre a natureza.

Se isso vem no sentido de estabelecer uma aliança do discurso escolar com uma prática escolarizada, também permitiu uma abertura da classe para o exterior, estabelecendo contato mais direto com a vida prática, mesmo que fosse às custas de

tratar a natureza de forma teorizada, e portanto idealizada. Recorde-se que a ciência moderna ganha corpo nessa época, marcada, por exemplo, por trabalhos como o *Discurso do método*, de René Descartes, e os *Principia*, de Isaac Newton. Com isso, a valorização do discurso científico ganha importância.

Em resposta a essa tendência, logo surgem arranjos pedagógicos para evitar um excessivo distanciamento entre escola e trabalho. Tem-se algo como uma redefinição de conteúdos, com a substituição de conhecimentos empíricos por conhecimentos científicos e técnicos escolarizados, o que provoca uma reorganização e homogeneização destes.

E quem são os candidatos para esses cursos? Eles provêm da burguesia, dos ofícios, das camadas superiores do artesanato e do comércio, indivíduos ávidos que estão por estreitar seus laços com as elites sociais e que para isso almejavam novos tipos de quadros administrativos, concorrendo com seus novos conhecimentos da produção respaldados pela prática científica.

As primeiras escolas de engenharia eram mais preocupadas com a formação de tecnocratas do que de tecnólogos, pois com elas buscava-se a preparação de quadros funcionais especializados para o Estado, e não para os sistemas produtivos privados.

Colocando a seu serviço os resultados teóricos e práticos da pesquisa, o Estado monopoliza o novo processo de formação de profissionais técnicos. Assim, os novos profissionais adquirem boa articulação *saber-poder*, o que lhes confere certa autonomia, não obstante continuarem dependentes da autoridade do Estado.

Resulta daí uma característica marcante inaugurada por essas instituições de ensino, determinando uma redefinição de conteúdos transmitidos e exigidos: a substituição dos “conhecimentos heterogêneos adquiridos ao sabor da experiência ou de estudos fragmentados por um elenco único de conhecimentos científicos e técnicos escolarizados” (Petitat, 1994). Com isso, as escolas de engenheiros prestam a sua contribuição para uma nova organização das relações entre poder e saber, participam da criação de novas categorias dirigentes e renovam os entendimentos relativos às atividades produtivas.

As escolas de engenharia surgem e se firmam então num contexto de racionalização de procedimentos científicos e sociais, de novas leituras das técnicas,

de alterações no sistema produtivo, de reorganizações das cidades e das trocas comerciais, sendo elas causa e efeito de novos tempos para o sistema educativo.

Aspectos gerais do ensino técnico

Embora hoje possa parecer natural e mesmo necessária a forma como são tratados os conhecimentos na escola, a partir de rápidos estudos históricos pode-se logo concluir que este entendimento é destituído de qualquer sustentação. No plano pedagógico, por exemplo, a hierarquização dos programas, a separação e seqüenciação de classes por progressão nos estudos, a avaliação regular dos conteúdos, a quantificação dos níveis de aprendizado, a temporização dos momentos de ensino, tudo isso foi lenta e gradualmente criado e implantado nas escolas, tendo como pano de fundo necessidades socialmente postas em cada momento histórico.

Também na parte mais concreta de uma escola contemporânea, marcada por um prédio que lhe confere identidade, houve uma modificação substancial no padrão antes vigente. À ordenação do tempo e à divisão dos espaços podem ser imputadas responsabilidades marcantes no ensino, estabelecendo ambientes favoráveis para a definição do que hoje praticamos, contribuindo para tornar particionada e hierarquizada a sua prática.

Junto com estas alterações vêm os “métodos de supervisão, medidas disciplinares, constatações das ausências e atrasos, ritmo e sucessão das atividades rotineiras, provas, treinos, exames escritos, classificações dos alunos, emulação e censuras, promoções e rebaixamentos” (Petitat, 1994). Isso torna a classe um local altamente regulamentado e até certo ponto discriminador, onde ocorrem comparações permanentes de rendimentos dos alunos, enaltecendo os “bem-sucedidos” e procurando descartar do sistema aqueles com “dificuldades” de acompanhar as lições ministradas.

O ensino religioso também tem contribuições importantes para estes entendimentos. Quando pedagogos protestantes e jesuítas do século 16 vislumbram diferenças entre adultos e adolescentes, buscam separar estes últimos das possíveis influências dos primeiros, uma vez que os alunos (por extensão de crianças e adolescentes) seriam seres maleáveis e que por isso deviam antes ser socializados,

para depois poderem fazer parte do mundo dos adultos. Isso promove um novo ordenamento social, espelhado nas escolas por patamares progressivos distribuídos aproximadamente por faixas etárias.

O ensino de engenharia retrata com precisão essa hierarquização, em especial no Brasil, quando se dividem os cursos aproximadamente em dois ciclos – o básico e o profissionalizante –, ou quando se estabelecem seqüências bastante rígidas de pré-requisitos entre as várias disciplinas, conferindo-lhes uma seqüência rígida e linear. Tudo isso parece corroborar a compreensão de um ensino que procura separar os “calouros” (mais maleáveis) dos formandos (quase adultos).

Aliada a todos esses pontos arrolados acima, contribui para o controle dos alunos e dos espaços escolares não só a marcação do tempo independente dos ritmos naturais, mas principalmente a sua medição. O relógio mecânico “introduz um tempo linear, abstrato, diferente dos ritmos cíclicos cósmicos e biológicos, diferente também do tempo social” (Petitat, 1994). Este mecanismo permite a medição do tempo de estudos, a temporização dos ritmos de aprendizagem, a sincronização de afazeres discentes, enfim, permite um maior controle dos rituais escolares. E se até o tempo (esse fugidio e etéreo fenômeno) pode ser precisamente medido, por que não medir e quantificar com precisão também o nível de compreensão e reprodução de conhecimentos? Tal é a influência do tempo no processo de ensino que a escola contemporânea vê-se totalmente comprometida com a sua racionalização, que passa a ser um dos mais característicos critérios de diferenciação entre o “bom” e o “mau” aluno, conforme a capacidade de compreender e reproduzir conhecimentos precisos em tempos e prazos preestabelecidos.

Convergências com o ensino atual

Analisando as considerações e informações anteriormente realizadas, não é difícil de correlacioná-las com procedimentos vigentes no ensino de engenharia hoje praticado no Brasil. O que normalmente é entendido como a forma indiscutível e mais correta de tratar o processo de ensino, assim parece, prescinde portanto de fundamento. Seja na forma acrítica de tratarmos o sistema de quantificação dos conhecimentos (de resto muito semelhante a qualquer outro sistema de ensino), seja no modelo de relação professor-aluno em vigor ou na organização das ações dentro

do espaço de sala de aula, o que hoje praticamos talvez não passe de reflexos que pouco se afastam do que foi definido nos primórdios do aparecimento do ensino técnico.

E talvez existam razões para que isso aconteça dessa forma. O arcabouço teórico do ensino técnico brasileiro foi formado sob fortes influências do ensino técnico francês, entendimento este que pode ser resgatado, por exemplo, de Telles (1984) ou de Pardal (1985).

Muito embora o ensino de engenharia tenha sido introduzido em terras brasileiras pelos portugueses (Telles, 1984; Azevedo, 1963), a verdade é que a sua fundamentação teórica remonta ao ensino francês. Esse entendimento ganha força à medida que o ensino de engenharia brasileiro tem suas bases firmadas justo sobre as orientações positivistas do francês Augusto Comte, no século 19. Ferreira (1993), quando analisa alguns aspectos do ensino de engenharia brasileiro do mesmo período, afirma que, naquela época, “o positivismo pode ser considerado uma questão obrigatória em torno da qual se organiza o mundo intelectual de então”.

Dessa diretriz não se afasta esta área profissional, que participava de forma ativa das discussões travadas entre os positivistas ortodoxos (dispostos a promover uma profunda reforma moral da sociedade), através da implantação da *Religião da Humanidade* e os positivistas heterodoxos (preocupados com a instauração definitiva da positividade científica nas diferentes áreas do conhecimento). Sendo majoritária entre os engenheiros no século 19 esta segunda vertente, é justamente dela que herdamos, por exemplo, a neutralidade que hoje cultuamos como pressuposto para os indivíduos com formação técnica. Resultam também daí o entendimento do aluno como um vasilhame vazio de conhecimentos, que o professor habilidosamente vai preencher com suas experiências, e o tratamento do saber científico como instância última e necessária para as pretensões intelectuais da espécie humana. Aliás, este entendimento está denunciado, de alguma forma, por exemplo, em Ferraz (1983), quando ele afirma que “as escolas e universidades consideram sempre o ensino como um fim em si mesmo”.

Se cruzarmos os entendimentos de Petitat (1994) e Kawamura (1986), uma outra conclusão pode ser depreendida para a atuação técnica do profissional da engenharia, e que seu sistema de ensino mantém viva: a dicotomia *trabalho intelectual* × *trabalho manual*. Desta interpretação nascem as contínuas discussões a

respeito de hipotéticas engenharias prática e teórica, que fazem divergir os adeptos de cada uma delas, quando se trata de definir as melhores orientações de um curso de engenharia. Mais uma vez nos esquecemos, ao tratar destas questões, de recorrer à história que, com facilidade, nos permitiria enxergar uma eterna discussão, em pauta pelo menos desde os tempos de Sócrates, na Grécia antiga. Mas talvez seja interessante retroceder um pouco mais, aos pré-socráticos, para perceber que nem sempre foi assim, como deixa entrever o mito de *Prometeu acorrentado* (Medina, 2001).

Pode-se concluir dessas discussões que “o ensino de engenharia não pode ser considerado como um processo isolado” (Ferraz, 1983), apartado do todo social em que está inserido. Nem pode desconsiderar os aspectos históricos que lhe dá sustentação. Sem considerar isso, talvez continuemos a praticar um ensino em que as escolas se transformem, como diz Ferraz (1983) “em academias preparatórias para o apoio do sistema industrial”, ou, como diz Kawamura (1986), em “conteúdo de formação (...) basicamente orientada para a produção em escala”.

Tendo em conta essa trajetória histórica, pode-se entender porque o ensino de engenharia tal como é praticado ainda mantém vivos alguns pressupostos legitimadores das práticas ancestrais tais como o de se assumir a ciência e a tecnologia como empreendimentos neutros, isto é, isentos de valorações humanas, e muitos dos pressupostos que conferem sustentação a procederes pedagógicos talvez já ineficazes ou inadequados para as relações que se estabelecem entre professor e aluno.

Há também uma outra consideração a ser realizada quanto às origens e desdobramentos das idéias de pesquisa e desenvolvimento que influenciam a formação nas escolas de engenharia no Brasil. Essas idéias estariam relacionadas a um pressuposto que possui uma profunda imbricação com o processo de desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro e latino-americano: a aceitação “incondicional” da positividade científica que incorpora um conjunto de necessidades, de procederes e de visão de mundo, que praticamente determina que tipo de desenvolvimento científico e tecnológico nos é dado realizar (Herrera, 1970; Dagnino, 2002). Para esses autores, tal desenvolvimento não está centrado em necessidades nascidas no contexto da sociedade brasileira, mas no da Europa onde florescia um modelo próprio de desenvolvimento, para o qual os problemas associados possuíam

características particulares e estabelecidas fortemente num contexto de divisão de trabalho (Herrera, 1970).

Referindo-se à Revolução Industrial, Hobsbawn, citado por Herrera, assevera que “qualquer que tenha sido a causa desse avanço da Inglaterra não foi certamente a sua superioridade científica ou tecnológica” (Hobsbawn, 1964, p. 47), porque, como assinala Herrera, “as ciências naturais, a física e as matemáticas, estavam muito mais adiantadas na França que na Inglaterra, e os sistemas educacionais da França e da Alemanha haviam alcançado níveis superiores ao desse país” (Herrera, 1970, p. 54). Por isso, como bem aponta o autor, os efeitos da Revolução Industrial no Brasil necessariamente teriam que ser diferentes dos da Inglaterra, onde o contexto sociocultural, e não a ciência, teria sido marcante para o seu sucesso.

Lá, segundo este autor, não foi o conhecimento científico, mas sim o êxodo rural, um dos fatores importantes do início da Revolução Industrial. Êxodo este originado pelo cercamento de terras cultiváveis e da transformação revolucionária da agricultura em decorrência principalmente das guerras que criaram uma enorme demanda por alimentos, exigindo o aprimoramento dos métodos de produção agrícola que enriqueceram os proprietários de terra, reduziram as necessidades de mão-de-obra, desempregando e empobrecendo os camponeses, obrigando-os a migrarem para as cidades que começavam a se industrializar. Desse modo, as “duas revoluções – no campo e na indústria – ocorreram conjuntamente” (Herrera, 1970, p. 57).

O outro fator decisivo foi o estabelecimento de uma classe dirigente enriquecida que se interessava em promover o desenvolvimento econômico, através da expansão da atividade comercial favorecida pelo poderio marítimo e a expansão colonial (*idem*).

Herrera alerta que essas influências diretas do começo da Revolução Industrial foram em grande medida fruto de uma mudança de mentalidade que resultou, em meados do século 18, no debilitamento dos regimes autocráticos da Europa Ocidental e ascensão da burguesia, com seus novos valores de progresso, livre empresa e nacionalismo, que levaram ao fim da mentalidade medieval.

Este autor considera que a Revolução Industrial não teria ocorrido sem a concorrência dos fatores socioeconômicos que tornaram possível a utilização dos produtos da criatividade científica para fins de progresso daquela sociedade. Para ele, a participação realmente decisiva da ciência na Revolução Industrial só ocorreu

muito depois que esta começou, como prova a evolução dos meios e processos de produção (*idem*, p. 58).

Radica aí, dessa maneira, uma das dificuldades de superação do modelo de desenvolvimento científico e tecnológico que adotamos (ou que tivemos que aceitar), e que estaria relacionado a fazer nossos os problemas científicos e tecnológicos que eram próprios dos países de origem (Dagnino, 2002). Em certa medida essa lógica parece continuar orientando o quefazer das nossas instituições de ensino de engenharia e a pesquisa a elas associadas. Temos dificuldades de superar essa barreira que dificulta estruturar um sistema de formação mais equilibrado, o que implica envidar esforços para uma mudança de enfoque quanto aos modelos de formação tecnológica que temos adotado.

2.3 A questão da ideologia

A dimensão ideológica está presente nesta tese, e não poderia ser diferente. Quer queiramos ou não, a ideologia permeia todas as atividades, inclusive as da área técnica. Não há como ignorar este fato aparentemente contraditório com a perspectiva de uma visão de neutralidade técnica, pois ela simplesmente não existe. Desse modo, o que temos a fazer é explicitá-la, tratá-la como coisa normal e não como uma deformidade ou doença que deve ser escondida.

O pressuposto de que ideologia e atividade técnica são incompatíveis é absolutamente destituído de sentido, não possui consistência lógica e nem é verdadeiro. O próprio argumento mostra-se como defesa de uma posição ideológica, mesmo que isso tenha sido absorvido como critério para uma suposta isenção da área técnica em relação aos assuntos que os envolvem, porque alguns deles com certeza não seriam cabíveis sob o ponto de vista ético.

Poulantzas, citado por Clarke *et alii*, propõe uma definição de ideologia como um “conjunto relativamente coerente de representações, valores e crenças”. A matéria-prima da ideologia é o mundo em que vivem os seres humanos, “suas relações com a natureza, com a sociedade, com outros homens e com sua própria atividade política e econômica, refletindo finalmente a ideologia a maneira pela qual os agentes de uma formação ‘vivem’ suas condições de existência” (Clarke *et alii*, 1980, pp. 141-142).

A condição do ideológico deriva do fato de que ele reflete a maneira pela qual os agentes de uma formação, os portadores de suas estruturas, vivem suas condições de existência, isto é, refletem sua relação com estas condições como ela é “vívda” por eles. A ideologia está tão presente em todas as atividades dos agentes que se torna impossível distingui-la de sua *experiência vivida* (Poulantzas, *apud* Clarke *et alii*, 1980, p. 142; ênfase do autor).

Das proposições sobre a ideologia realizadas por Althusser, são resgatadas algumas colocações consideradas importantes para a compreensão de ideologia aqui assumida. Numa tese muito específica ele assevera que “a Ideologia representa a relação imaginária dos indivíduos com suas condições de existência”. Tal tese implica um rompimento do conceito de ideologia como “falsa consciência”.

Nesse sentido, trata-se da ideologia como representação da relação dos indivíduos com a realidade (as relações de produção e as relações delas derivadas) e não a uma representação falsa/verdadeira da realidade.

Em suas palavras,

o que está representado na ideologia é, portanto, não o sistema de relações reais que governam a existência dos indivíduos, mas a relação imaginária destes indivíduos com as relações reais em que vivem (Althusser, 1971, p. 155).

Este caráter da ideologia, para Molina, implica também que sua existência diz respeito ao campo da chamada “experiência humana” (como experiência individual). Resgata do pensamento de Althusser que a ideologia penetra em toda a atividade humana e que ela é idêntica à experiência “vívda” da própria existência humana (Molina, 1980, p. 326).

Assim a ideologia é, subjacente a uma representação *de* relações individuais com as relações sociais, também uma representação *dada* aos indivíduos (grifos do autor). Para o autor,

De fato, a ideologia é dirigida aos indivíduos. A função prático-social da ideologia é justamente *construir* indivíduos concretos como *sujeitos*, isto é, transformar os indivíduos em sujeitos (Molina, 1980, p. 326).

Desse modo, a ideologia deve ser considerada como resultado da construção dos sujeitos, conferindo-lhes consistência como atores sociais importantes e, assim, a leitura que se pode fazer é de que a formação é por si mesma uma construção ideológica, e, portanto, passível de transformações significantes. Nesse sentido, mudar de ideologia implica construir um novo sujeito social. No caso da formação das capacidades técnicas, significa também alterar, constitutivamente, o caráter de suas produções.

Desde que o ensino de engenharia está fortemente calcado em bases positivistas, como visto na seção anterior, torna-se difícil aceitar o questionamento dos modelos em que se baseia, pela razão compreensível, mas inaceitável, de que se pode perder as referências daqueles modelos, ou ferir a concepção de verdade imutável ligada a uma ideologia dominante (Bazzo, 1998). Ora, a ideologia não é imutável, posto que ela reflete os planos e propósitos das elites nas sociedades e estes mudam para se adequarem aos interesses dominantes.

Como a ideologia está na base da construção do sujeito, mudar de ideologia significa construir um novo sujeito social.

2.4 Uma imagem e seus desdobramentos. A engenharia como nos fazem crer que deva ser

No Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC existe um quadro que homenageia a primeira turma de engenheiros mecânicos formados nessa universidade, no ano de 1966. Suas fotos, a de seus professores e dos homenageados estão dispostas em um grande par de engrenagens em primeiro plano, como se cada um desses personagens fosse um dente dessas engrenagens. O segundo plano mostra uma construção em forma tradicional de indústria que se assemelha à do prédio do Departamento de Engenharia Mecânica, diferenciando desse principalmente pela existência de uma grande chaminé de onde sai uma espessa fumaça cinza-escuro que se destaca na parte superior do quadro, estendendo-se até a borda lateral, como que querendo libertar-se do quadro e espalhar-se pelo ambiente. Sua significação é explícita. A aspiração da engenharia mecânica está lá registrada, deixando entrever sua “missão”. A imagem do progresso

está aí representada, mostrando seus agentes, o envolvimento com o modo mecanicista de pensar e agir e, também, um de seus efeitos colaterais. É um testemunho de nossa época que hoje poderia ser contestado pela imagem anti-ecológica, mas apenas por isso.

Tal imagem é útil à compreensão da idéia hegemônica de método e fins da engenharia mecânica e, por certo, das demais áreas da engenharia. É também uma representação de pressupostos da área técnica.

Minha formação técnica foi influenciada, provavelmente como a da grande maioria dos engenheiros, de forma implícita, pela idéia de que a ciência confere um conhecimento superior que se baseia na confiança que advém da ciência experimental como meio de desvendar os segredos da natureza, pondo este saber a serviço da tecnologia e, principalmente, a serviço das empresas.

Desde o princípio foi dado perceber – não explicitamente – que o aprendizado na escola de engenharia destinava-se ao atendimento das necessidades de solução de problemas técnicos das empresas, razão pela qual deveria ser entendido que a profissão limitava-se a manter uma relação estrita com a resolução eficiente de problemas que seriam apresentados ao longo do curso. Aliás, essa sempre foi a forma de conduzir o ensino de engenharia: resolução de problemas previamente elaborados, cujas soluções deveriam convergir para aquelas já desenvolvidas e testadas pelos próprios professores, seguindo as seqüências lógico-matemáticas estritas de solução apresentadas ao longo dos cursos.

Questões simplificadas extraídas de situações complexas quase sempre eram apresentadas como problemas reais completos, cuja metodologia conduzia a uma solução final e única. Essa metodologia, se seguida com obediência e precisão, serviria para a solução de problemas técnicos diversos de mesma natureza, por justaposição e adaptação, denunciando aí o seu caráter universal. Na maioria das vezes, tratava-se de solucionar fragmentos de situações reais ou problemas imaginários que pudessem se encaixar nas metodologias previamente elaboradas.

Literalmente todos os problemas e projetos apresentados durante esse processo de iniciação profissional eram reduzidos e tratados numa dimensão exclusivamente técnico-científica (em seu sentido estrito). Para mim, como para a maioria dos colegas, essa forma de iniciação mostrava de forma muito objetiva a delimitação do campo de competência da engenharia: uma atividade que deveria

servir para a solução eficiente de problemas técnicos que emergem de necessidades das empresas (no caso particular da engenharia mecânica, das indústrias).

Essa característica, juntamente com os condicionamentos comportamentais explícitos e implícitos ao longo da formação, combinada com a dedicação, responsabilidade, probidade e lealdade, propiciaria automaticamente o nexos social da atividade. Automaticamente porque, com algumas exceções mais recentes, não há orientação pedagógica formal que favoreça a compreensão dessa imbricação sociotécnica.

Para todos nós que, uma vez formados, optamos por seguir a carreira do magistério superior, a competência técnica adquirida na graduação, e posteriormente na pós-graduação, fornecia o passaporte para ensinar engenharia.

Decorre daí que a chave para o bem-ensinar na engenharia é a competência técnica e, conseqüentemente, quanto mais se investir em pesquisa e capacitação tecnocientífica mais habilitados estaremos para ensinar. Sem dúvida, esse pressuposto serviu e continua servindo muito bem aos propósitos de quantidade e qualidade da pesquisa universitária, mas as mesmas virtudes não podem ser atribuídas para o ensino, simplesmente porque não é possível, como se imaginava, “construir” seres humanos, cidadãos, com as mesmas ferramentas e critérios com os quais se constroem máquinas. Confundidos os atores e transferidos os métodos de abordagem sem a adequada compreensão da transposição, a dimensão formativa essencial permanece sem receber a devida atenção acadêmica, enfraquecendo-se suas qualidades mais caras.

Em alguns âmbitos esse quadro formativo sofreu alterações durante os últimos trinta anos, e mais recentemente – a partir da década de 1990 – tem-se buscado acrescentar novas perspectivas de formação em engenharia, principalmente através de ações institucionais de fomento à formação de empreendedores, reengenharia e outras, bem como por um fortalecimento da formação especializada nas escolas de engenharia que trabalham com pesquisa e desenvolvimento (fundamentalmente as públicas). Essas iniciativas, que emergem também em propostas de mudança curricular, têm popularizado no meio acadêmico a idéia de que as ações pedagógicas devem se orientar para a formação de competências, para a criatividade e para a inovação técnica, com forte embasamento científico, como modo de enfrentar as demandas do mundo contemporâneo.

Da mesma forma, e certamente já como resposta aos anseios da sociedade organizada, tem-se defendido a necessidade de uma “sólida formação humanística”, expressa tanto pelas diretrizes curriculares quanto por manifestações oficiais de associações de classe e, também, a necessidade de se preparar adequadamente engenheiros preocupados com o “desenvolvimento sustentável”. Agrega-se, desse modo, àquelas exigências “técnicas”, necessidades sociais e ambientais, o que aponta para mudanças conceituais na engenharia, embora desse fato talvez ainda não tenhamos plena clareza.

A Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE), sem dúvida a organização social mais antiga e representativa dos interesses do ensino de engenharia no Brasil, expressa tais preocupações com a formação de profissionais em sua página de apresentação¹², de cujo texto destacam-se os parágrafos 3, 4 e 5 (ênfase acrescentada):

A ABENGE, fundada em 12 de setembro de 1973, é uma entidade de âmbito nacional, que tem por objetivo a melhoria e constante renovação do ensino de Engenharia, para sua integração e adequação à realidade do país.

Isso deve ser alcançado com a promoção do contínuo intercâmbio de informações, cooperação no planejamento e desenvolvimento da educação tecnológica, além do aprimoramento e modernização da estrutura física e dos métodos de gestão das instituições de ensino.

Sua responsabilidade se amplia ante um novo modelo de sociedade, baseado no conhecimento, no qual a geração, absorção e desenvolvimento de soluções tecnológicas tornam-se fatores determinantes para a consolidação do desenvolvimento sustentável do país.

Nesse sentido, trabalha para estimular a implantação de modelos educacionais que favoreçam a aquisição de habilidades como criatividade, capacidade de iniciativa e empreendedorismo, **apoiados por uma sólida formação humanística.**

Esses pressupostos permitirão aos engenheiros a adoção de um processo de educação continuada, visando à renovação dos conhecimentos ao longo de toda a vida profissional, **assumindo uma condição pró-ativa e contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e o bem-estar da sociedade.**

Da preocupação com a sustentabilidade expressa no parágrafo terceiro dessa transcrição, identifica-se o pressuposto de que o desenvolvimento sustentável é determinado pela produção/assimilação de soluções tecnológicas, o que remete à necessidade de se precisar o que se entende por “soluções tecnológicas” e, portanto,

¹² ABENGE: http://www.abenge.org.br/ab_apresentacao.htm

ao conceito de tecnologia. Os dois parágrafos seguintes, apesar de não estabelecerem claramente o vínculo, indicam uma orientação para a problemática conceitual da tecnologia e sua relação com a idéia de sustentabilidade que é abordada no capítulo 4.

Outras entidades, como a ABCM (Associação Brasileira de Ciências Mecânicas), incluíram em seus eventos espaços para temas relacionados ao ensino de engenharia. Particularmente, no COBEM 99 (XV Congresso de Engenharia Mecânica), realizou-se a experiência de um Simpósio de Ensino de Engenharia no qual foram tratados, além de temas específicos, outros relacionados com as questões de formação mais abrangentes. Embora com um número de participantes muito expressivo em relação aos simpósios técnicos de ocorrência simultânea, o que denota uma forte preocupação acadêmica com o tema, lamentavelmente, nos eventos que se seguiram tal simpósio deixou de existir, e os temas de ensino passaram a ser tratados apenas no âmbito dos simpósios técnicos específicos, sendo desse modo, na prática, reduzidos à sua dimensão técnica, favorecendo a exclusão, por desarticulação, da perspectiva de uma renovação pedagógica na engenharia mecânica que poderia ser articulada por uma ação permanente como, aliás, são caracterizadas todas as atividades relacionadas com o desenvolvimento técnico-científico.

Apesar das preocupações manifestadas com a modernização no ensino de engenharia, esses movimentos que propugnam mudanças na formação técnica continuam baseados em idéias hegemônicas de desenvolvimento econômico e comprometidos com as velhas bases filosóficas da engenharia, e do mercado marcado pela criação de “necessidades” destinadas a mover o próprio mercado. Tal afirmação pode ser inferida da leitura dos mesmos documentos que expressam as preocupações com aqueles aspectos educacionais mais amplos, como as diretrizes curriculares para as engenharias, de cujo parecer¹³ destaca-se o seguinte:

O desafio que se apresenta o ensino de engenharia no Brasil é um cenário mundial que demanda uso intensivo da ciência e tecnologia e exige profissionais altamente qualificados. O próprio conceito de qualificação profissional vem se alterando, com

¹³ Parecer CNE/CES 1362/2001, homologado em 22/02/2002 e publicado no Diário Oficial da União em 25/02/2002.

a presença cada vez maior de componentes associadas às capacidades de coordenar informações, interagir com pessoas, interpretar de maneira dinâmica a realidade. O novo engenheiro deve ser capaz de propor soluções que sejam não apenas tecnicamente corretas, ele deve ter a ambição de considerar os problemas em sua totalidade, em sua inserção numa cadeia de causas e efeitos de múltiplas dimensões. Não se adequar a esse cenário procurando formar profissionais com tal perfil significa atraso no processo de desenvolvimento. As IES no Brasil têm procurado, através de reformas periódicas de seus currículos, equacionar esses problemas. Entretanto essas reformas não têm sido inteiramente bem sucedidas, dentre outras razões, por privilegiarem a acumulação de conteúdos como garantia para a formação de um bom profissional.

As tendências atuais vêm indicando na direção de cursos de graduação com estruturas flexíveis, permitindo que o futuro profissional a ser formado tenha opções de áreas de conhecimento e atuação, articulação permanente com o campo de atuação do profissional, base filosófica com enfoque na competência, abordagem pedagógica centrada no aluno, ênfase na síntese e na transdisciplinaridade, preocupação com a valorização do ser humano e preservação do meio ambiente, integração social e política do profissional, possibilidade de articulação direta com a pós-graduação e forte vinculação entre teoria e prática (transcrição literal).

Para os engenheiros, o campo de competência da sua atividade é perfeitamente delimitado, do mesmo que o é o de sua ação política. Assim parece, na medida que toda a sua formação é voltada para o atendimento eficiente de demandas que lhes são apresentadas por seus empregadores e seus “clientes”. Assim como os advogados, não cabe ao engenheiro questionar as razões subjacentes ou os objetivos do seu contratante, o que pela ética profissional não é repreensível, já que se admite tratar-se de uma atividade sempre relevante e centrada na ideologia da neutralidade técnica.

Assim nos fazem crer que é a engenharia e assim nos ensinam, explícita ou implicitamente, a proceder durante o processo de formação universitária.

Já desde o início desta tese, essa condição formativa vem sendo denunciada, porque é entendido que esse pressuposto da exclusiva competência técnica (*stricto sensu*), associado ao da neutralidade e do determinismo tecnológico, constitui um

dos maiores obstáculos ao processo de transformação da competência da formação profissional. Possui um poder quase insuperável de convencimento, posto que transpira nas relações desse coletivo acadêmico. Como já considerado anteriormente, a imbricação dessa competência com o social é considerada “natural” e imanente na técnica, de tal modo que ao apropriar-se dela e usá-la, estar-se-á “naturalmente” fazendo um benefício social que se materializa nos artefatos.

Essa condição é tão fundamental que parece legitimar a participação da engenharia em projetos tecnológicos destinados à construção de artefatos de validade duvidosa ou de elevado risco social e ambiental sem o necessário acórdão público e a fazer com que engenheiros pelo mundo afora se empenhem em preparar argumentos técnicos que os justifiquem.

As reações de engenheiros a essa condição da profissão, como tenho tido a oportunidade de observar e das quais compartilho, não surgem como fruto de uma formação social e ecologicamente referenciada, mas como resultado de sensibilização e de contingências exotéricas diversas, não contempladas pela estrutura curricular universitária formal. Percebe-se aqui um certo descompromisso da universidade com o processo de transformação estrutural que objetive a democratização institucional, com a conseqüente ampliação do atendimento de demandas emanadas da sociedade, da qual ela mesma se diz parte.

Hoje, em conseqüência de recente formação na área de ciências sociais aplicadas, não posso mais admitir a existência de um problema de engenharia que seja estritamente técnico. E isso se deve à compreensão de que os problemas técnicos estão fortemente atados a interesses sociais e econômicos e estes a interesses parcelares e, portanto, a disputas de poder. Ademais, como busca mostrar a análise sociotécnica, os artefatos tecnológicos não seriam resultados exclusivos da capacidade de solução de problemas dos engenheiros nem do âmbito de sua responsabilidade exclusiva, mas algo muito mais complexo e abrangente que envolve muito mais do que conhecimento técnico-científico e a vontade de fazer aprendida a duras penas durante o processo de iniciação.

Diferentes e conflitantes interesses e influências que emergem das novas relações que se estabelecem com a globalização econômica, intensificada pelas tecnologias de informação e comunicação, podem ser percebidas nas pressões transformadoras que se manifestam nos procederes das escolas de engenharia e nas

sugestões para que os currículos se adaptem às novas exigências de atuação dos profissionais de engenharia, segundo a maneira hegemônica de ver o processo tecnológico.

Por sua vez, Palacios *et alii* consideram que a ciência aplicada e a tecnologia atual estão em geral demasiadamente vinculadas ao benefício imediato, a serviço dos ricos e de governos poderosos (Palacios *et alii*, 2001, p. 141). Tanto a ciência quanto a tecnologia atuais são bastante eficazes. A questão que se coloca é se seus objetivos são socialmente valiosos.

As empresas parecem não querer mais apenas engenheiros com exclusiva capacitação técnica, embora não possa existir consenso quanto ao que se deseja, porque a diversidade e os interesses empresariais são muito amplos e dependem de características particulares dos países, regiões e das próprias empresas (Kovacs e Castilho, 1998). Essa diversidade que faz conviver, num mesmo Estado-nação, num mesmo local, empresas de tecnologia convencional e de alta tecnologia centradas na tecnociência¹⁴, de riqueza e de miséria, indica que os múltiplos processos a que chamamos globalização não são unificados nem unívocos. Tais características se identificam com a idéia da existência de um poder imperial que se caracteriza fundamentalmente pela ausência de fronteiras (Hardt e Negri, 2001).

Nesse novo sistema mundial, o conhecimento tecnocientífico parece finalmente assumir-se como bem privado, mantido, em parte, pelo poder público que se encarrega de custear as caras estruturas universitárias. Os centros de excelência universitária – centrados em especialidades – podem, em princípio, estar em qualquer lugar do planeta, não possuindo necessariamente qualquer compromisso com o atendimento de necessidades e interesses locais ou nacionais mais amplos. Isso pode significar, por decorrência lógica, uma tendência ao aumento da disjunção entre interesses sociais e conhecimento técnico-científico.

Setores da sociedade organizada, representados pelas cada vez mais influentes organizações não-governamentais, reagem a muitas das “orientações técnicas” oferecidas para a implementação de políticas científico-tecnológicas baseadas em visões restritas de ciência, de tecnologia, de sociedade e de natureza.

¹⁴ Essa nova modalidade de ciência – a *tecnociência* – que teria se consolidado na segunda metade do século 20, e que as comunidades científicas costumam chamar de *Big Science*, está relacionada com a pesquisa que requer grandes equipamentos e consideráveis recursos econômicos para ser desenvolvida.

Setores acadêmicos comprometidos com a análise das conseqüências sociais e ambientais da ciência-tecnologia também se mostram preocupados e questionam os rumos da sociedade tecnológica, na medida que se evidencia a inseparabilidade entre a tecnologia e a sociedade, e quando os desdobramentos e os efeitos colaterais dessa mesma tecnologia se avolumam e atingem um nível de importância que se aproxima perigosamente do de seus resultados benéficos.

As considerações anteriores levam a admitir a existência de uma nítida disjunção entre os processos de formação de engenheiros e tecnólogos – com reflexos nos conteúdos disciplinares e suas abordagens –, e as realidades e exigências sociais mais abrangentes de um mundo em constante e acelerada mudança.

Pode-se depreender de tudo isso que, aparentemente, vivemos em uma época de perplexidade e confusão, cercada de pressões por transformações paradigmáticas importantes (Santos, 1999) que se refletem na educação tecnológica como um todo, e no ensino de engenharia em particular.

Apesar dos esforços de adaptação ao cenário apresentado, parece não haver clareza quanto ao caráter dessas mudanças paradigmáticas no que se refere à educação tecnológica, e ao ensino de engenharia em particular, de modo que não há propriamente um compromisso institucional com mudanças estruturais, das quais poderiam emergir novas compreensões dos papéis da engenharia nos diversos cenários aqui apresentados.

Nesse sentido, essa identificação e problematização de pressupostos que têm orientado a atividade da engenharia e a de seu ensino constitui uma contribuição importante na busca da superação de obstáculos que dificultam a assunção formal dos comprometeros amplos a que concerne esse influente campo da atividade humana.

2.5 Abordagens da Técnica e da Tecnologia

Em termos de ensino de engenharia brasileiro não há qualquer problema pedagógico relacionado à natureza e clareza da significação de termos como ciência, técnica e tecnologia, e possivelmente também não o há para as relações que se

estabelecem entre eles e suas interações com a sociedade. Pelo menos é assim que parece, pois os predicados e as relações que eles assumem no cotidiano parecem tão concretos e apropriados que se admite que os alunos estejam, a exemplo de nós mesmos, totalmente familiarizados tanto com os termos quanto com suas significações.

Entretanto, como é entendido que tais termos não devam ser empregados de forma acrítica, e que suas inter-relações e imbricações sociais não são simples e auto-evidentes, julga-se oportuno e necessário discuti-los em suas abrangências, implicações e subjetividades inerentes. Isso porque, na ausência de reflexões, como resultado de uma pretensa objetividade cultuada por tecnologistas, lança-se mão de interpretações, nem sempre as mais adequadas, para conferir segurança e realismo, de modo a justificar o que fazemos, tendo como base nossas próprias construções.

Assim é que, nos últimos anos, a apropriação destes termos tem apresentado divergências de significado e mesmo confusões ou transmutações, como a de se usar o termo *ciência* para caracterizar a atividade técnica, ou chamar qualquer atividade técnico-científica de atividade tecnológica. Mas, também, o termo *tecnologia* parece já não dar conta de agregar atividades que se mesclam, como aquelas para as quais se está atribuindo a denominação *tecnociência* como tratado pela abordagem CTS.

Por outro lado, para se compreender a história passada e presente das técnicas e, principalmente, o que se faz em termos pedagógicos com as técnicas que são ensinadas, não basta investigar objetos e métodos de análise e projeto técnicos e a significação restrita dos termos. É preciso considerar seus aspectos organizacionais, institucionais, econômicos e culturais. É preciso remontar aos objetivos globais que uma sociedade se atribui e que orientam as escolhas técnicas feitas com o necessário auxílio dos engenheiros e tecnólogos encarregados da concepção dos artefatos e de processos tecnológicos. É importante, também, resgatar as mudanças históricas, considerar os aspectos psicológicos do comportamento social e os aspectos epistemológicos, na medida em que eles podem contribuir para uma maior compreensão dos processos cognitivos, utilizados para transformações efetivas.

Em termos de ensino de engenharia, isso pode significar uma mudança profunda na forma de ver e agir com relação ao objeto de nossa atividade: as técnicas e seus produtos. Ao aprofundar o conhecimento do processo usual de

produção/reprodução das técnicas, via ensino tradicional, poder-se-á transformar o seu ensino em algo mais do que uma suposta resposta técnica aos anseios da sociedade. Pode-se passar, dessa maneira, a interferir positivamente – nas acepções aqui discutidas – naquilo que é produzido por esta sociedade e no como isto se dá. Dessa forma, tenho convicção, a universidade estaria cumprindo com mais efetividade a sua promessa de instituição socialmente comprometida; o engenheiro, assumindo-se como sujeito da sua cultura; e as técnicas que emprega, como elementos da cultura.

Mas, ao se referir a estes termos, estar-se-á também diante de outra questão ainda mais complexa e atual: a globalização da economia, de cuja gênese participam também ciência e tecnologia, e que são ao mesmo tempo afetadas por esse processo que já se afigura, pela intensidade propiciada pela ciência e tecnologia, como revolucionário na transformação do próprio modelo de mundo que se tem hoje, e que envolve uma talvez falaciosa globalização de tudo, inclusive da cultura.

Trata-se, portanto, de uma abordagem que reconhece uma inseparabilidade entre ciência, tecnologia e sociedade, e entre estas e a natureza. Assim, no seio desse processo está o gene de sua transformação, à qual não poderemos mais ficar indiferentes, sob qualquer pretexto, mesmo que seja o de “separar as coisas” ou o de “esclarecer” para “evitar confusões” no processo de construção do conhecimento, simplesmente porque a técnica não existe como coisa em si, mas como coisa nossa e para nós mesmos, e seus produtos não são simplesmente objetos materiais autônomos aos quais as pessoas devem se adaptar.

Desde que conceitualmente engenharia e tecnologia caminham juntas e, com muita freqüência são tratados como complementares, principalmente para quem entende que tecnologia se identifica com artefatos, para conhecer melhor a engenharia, e conseqüentemente seu ensino, seus envolvimento mais amplos, e a complexidade associada a esse campo da atividade humana, há de se conhecer melhor a natureza da técnica e da tecnologia. Para abordar esse tema é conveniente distinguir com precisão o que é a tecnologia e o que é o conhecimento que a torna possível (Quintanilla e Bravo, 1997; Quintanilla, 1998).

A partir do enfoque CTS (tratado no capítulo 3), entende-se que um dos pressupostos que talvez mais comprometem a mudança conceitual do objeto do ensino de engenharia é o que diz respeito ao conceito de tecnologia restrito aos

aspectos cognitivo e instrumental (Quintanilla *apud* Cerezo, Luján e Palácios, 2001), ou de tipos intelectualista e artefactualista (González García, Cerezo e Luján, 1996), dominante no ensino de engenharia brasileiro. Considera-se que esse conceito impõe uma severa limitação no que concerne à abrangência e finalidades da atividade engenheiril¹⁵, quando confrontado com conceitos tais como o de prática tecnológica (Pacey, 1990), de sistema técnico (Quintanilla, 2001), do enfoque construtivista social da tecnologia de Bijker, de sistema tecnológico de Hughes, ou da rede de atores de Latour e Callon. Enfim, trata-se de buscar superar obstáculos interpostos por uma formação que, como já vem sendo apontado desde o início, orienta-se sobremaneira por uma imagem de tecnologia que se identifica com a aplicação da ciência para a construção de artefatos.

Como elementos motivadores para as reflexões que resultam neste item, destacam-se fortes preocupações com relação ao próprio significado de educação tecnológica; ela significaria basicamente abordar de forma técnica nossos objetos de trabalho, ou vai mais além? A educação tecnológica deveria preocupar-se com projetos mais ambiciosos de preparação de agentes de transformação social via modificação da visão das técnicas numa perspectiva crítica, com vistas à emancipação humana, entendida como processo (Adorno, 1995) e não como um fim a ser alcançado?

Nesse sentido, apresentam-se aqui entendimentos sobre os termos técnica e tecnologia e suas implicações na educação tecnológica, através de uma releitura de estudos já sistematizados a respeito do assunto. São abordados os conceitos de tecnologia restrita – referenciada ao aspecto técnico, artefactual (ou instrumental) e intelectualista (ou cognitivo) – e de tecnologia geral, de caráter sistêmico – que inclui elementos sociais, organizativos e culturais, entre outros. É discutida também uma relação entre tecnologia e sociedade, confrontando duas vertentes que as entrelaçam: determinismo tecnológico e determinismo social.

¹⁵ Prefere-se empregar a grafia “engenheiril”, no lugar, por exemplo, de “engenhaira”, por considerar ser esta forma já bastante aceita e compreendida, além de ser compacta, portando já significado próprio em português.

Sobre o conceito de Técnica

Não é pequeno o número de publicações que buscam estabelecer um corpo conceitual uniforme sobre temas da tecnologia. A própria Revista de Ensino de Engenharia da ABENGE tem publicado, em diversas edições, artigos tratando do assunto. Alguns deles chamam a atenção pelo esforço em conferir um caráter de objetividade ao tratamento e definição de termos empregados na comunidade acadêmica. Este tipo de preocupação reflete a dificuldade do relacionamento intra e interpessoal com conceitos de tamanha complexidade, e não esconde as dificuldades de se tratar a questão apenas sob um referencial internalista da técnica e da tecnologia.

Segundo Barbieri, entende-se por técnica as “regras ou procedimentos para realizar uma dada atividade prática” (Barbieri, 1990, p. 14). Esta definição, com pequenas variações, é concordante com as de outros autores e também de dicionários de português e de filosofia.

Milton Vargas, ao tratar do entendimento dos termos técnica e tecnologia, define a técnica como “uma habilidade humana de fabricar, construir e utilizar instrumentos” (Vargas, 1994, p. 15). Mais adiante, ao se referir ao processo histórico, refere-se às técnicas modernas incorporando os “conhecimentos empíricos de origem científica” (*idem*).

Em termos gerais, costuma-se considerar que o termo “técnica” faria referência ao conjunto de habilidades e conhecimentos que servem para resolver problemas práticos, desenvolvidos sem ajuda do conhecimento científico (Palacios *et alii*, 2001).

Estas são definições muito do gosto dos engenheiros, pelas supostas objetividades e simplicidades, mas de fato sugerem entendimentos diferenciados e nem tão objetivos como podem parecer à primeira vista. Tais definições pressupõem, para uma caracterização plena, a necessidade de se precisar uma substância – o que vai ser transformado – e a ação – como transformar –, mas não explicitam a intencionalidade do processo de transformação – o porquê e para que transformar – que constitui o elemento mediador, ou seja, a razão mesma de ser da técnica como produção humana, pautada no sentir, pensar e agir e, portanto, na cultura. Sem esta intencionalidade na constituição mesma da técnica, ela não existiria, pois que não seria

possível articular uma seqüência lógica de procedimentos, nem estabelecer regras que conduzam a um fim.

Cabe aqui também uma referência a Heidegger, que assevera ser correta a definição de que a *técnica é um meio para determinados fins*, mas considera que esta “correta definição instrumental da técnica, que é correta, não nos mostra, todavia, a essência desta”, porque o “meramente correto não é, contudo, o verdadeiro” (Heidegger, 1994, pp. 9-37). Do mesmo modo ele se refere à tecnologia.

Uma ferramenta “universal” – um martelo ou um facão, um torno CNC ou um robô, uma ponte ou uma rodovia –, para existir como tal, necessita de uma idéia comprometida com pelo menos uma forma de utilização. E o processo de obtenção deste objeto pode estar baseado em várias regras e procedimentos, inclusive em nenhuma regra ou procedimento formal conhecido, dependendo dos entendimentos culturais particulares.

Essa compreensão é respaldada por Quintanilla que destaca do entendimento da técnica como “um conjunto de habilidades e conhecimentos que servem para resolver problemas práticos” (Quintanilla, *apud* Cerezo, Luján e Palacios, 2001, p. 56), as *técnicas produtivas*, ou de “transformação e manipulação de objetos concretos para produzir intencionalmente outros objetos, estados de coisas ou processos” (*idem*), cujos resultados de sua aplicação resultam no que chamamos de *artefatos*. Alguns desses artefatos, como as ferramentas e as máquinas, constituem os *instrumentos técnicos*. Conclui que as técnicas em geral, e as técnicas produtivas em particular, constituem “uma forma de conhecimento de caráter prático” (*idem*). Nessa definição Quintanilla inclui as habilidades como formas de conhecimento prático.

Mosterin refere-se às técnicas como “entidades culturais ou formas de conhecimento: algo que se pode aprender e transmitir através de diferentes processos de aprendizagem, como se transmite qualquer informação cultural” (Mosterin, *apud* Quintanilla, 1998, p. 51).

Para maior compreensão e objetividade é conveniente situar mais esse conceito, tratando as técnicas como formas de conhecimento culturalmente referenciadas, identificáveis por suas qualidades utilitárias reconhecidas por diferentes grupos sociais, as quais podem ser assimiladas por diferentes modos de difusão, desde que exista predisposição cultural. Com isso, procura-se destacar as

suas qualidades eminentemente culturais e não neutras por origem. São sempre relacionadas a propósitos definidos associados a uma assimilação cultural, própria de cada grupo social, e explicada conforme seu enfoque teórico. Entretanto, uma vez assimilada, uma técnica particular pode “naturalizar-se” e passar a ser considerada como conhecimento independente da intenção original. Busca-se, dessa maneira, evitar a visão reducionista da técnica, que a enxerga como resultado de necessidade natural e isenta de contexto.

Mas, além desses entendimentos, seguindo a Mitcham (1994), pode-se agregar uma forma de manifestação que se identifica como “volição” que se poderia traduzir como “fonte de poder”. Desse modo, amplia-se o conceito de “formas de manifestação das técnicas”, incluindo-lhe as relações de poder que proporcionam.

Sobre o conceito de tecnologia

Conceituar tecnologia tornou-se um exercício complexo e sujeito a um conjunto de relações e de pontos de vista diversos. Não apresenta, hoje, o mesmo significado que tinha no passado, e as respostas diferem conforme o coletivo do qual participa o interlocutor. Assim, empresários, engenheiros, pesquisadores ou cidadãos leigos poderão se referir a ela de formas diferentes. Entretanto, o mais comum na área técnica e, particularmente entre os professores e pesquisadores, é referir-se à tecnologia como ciência aplicada.

De acordo com Winner (1979), no século 18 e 19 “technology” teve um sentido limitado, em função das artes práticas ou do conjunto dessas e não do conjunto enormemente variado de fenômenos, ferramentas, instrumentos, máquinas, organizações, métodos, técnicas e sistemas que fazem parte da totalidade de nossa experiência. Ele procura dar uma definição de tecnologia, relacionando-a em primeira instância com os aparatos usados para identificá-la – ferramentas, instrumentos, máquinas, artefatos – e que servem às mais variadas finalidades. Em segunda instância, a tecnologia agruparia todo o corpo de atividades técnicas – habilidades, métodos, procedimentos – empregado pelas pessoas para a realização de tarefas. Ademais, tecnologia se referiria também a algumas das variedades de organização social, aquelas que envolvem a esfera racional-produtiva. Em um texto posterior

(1985), trata de analisar os aspectos políticos da tecnologia e, nesse caso, faz referência a todo tipo de artefato prático moderno, e mais, refere-se à tecnologia como “peças ou sistemas mais ou menos grandes de *hardware* de um tipo especial”.

- *A imagem cognitiva*

Uma acepção comumente aceita no Brasil para a tecnologia é a que a vincula ao desenvolvimento industrial, e que consiste “na aplicação sistemática do conhecimento científico e empírico para o aprimoramento dos processos industriais e criação de novos produtos” (Silva, 1986, p. 224). Para Rocha Neto, a tecnologia é

“verdade útil”; combinação útil e eficiente da ciência e da técnica; conhecimento organizado e sistematicamente aplicado na produção de bens e serviços; técnicas fundamentadas na ciência; solução de problemas por meio de teorias, métodos e processos científicos, política, ideológica e socialmente comprometida e, portanto, não neutra (Rocha Neto, 1995, p. 24).

Estas duas definições representativas têm em comum a imagem da tecnologia como resultado da aplicação da ciência. Essa vinculação unívoca da ciência à tecnologia sugere que preceitos da primeira sejam diretamente transferidos para a segunda que, como é discutido adiante e no capítulo 4, estão relacionados com a idéia de neutralidade e autonomia da tecnologia. O último item da segunda definição apresenta já uma inovação com relação à tradição histórica, referindo-se ao comprometimento social da tecnologia, embora não explicita o seu relacionamento com a idéia de neutralidade da ciência, e nem tampouco com o conceito de ciência. Também não esclarece a que tipo de comprometimento social se refere.

Como se estabelece conceitualmente uma vinculação da ciência à tecnologia, é necessário saber a que concepção de ciência está referido.

A imagem tradicional – ou “concepção herdada” – da ciência, e ainda influente em algumas áreas, fundamentada em critérios estabelecidos pelo método científico, requer objetividade e autonomia da teoria baseada na experiência. Desse modo, o desenvolvimento científico, regulado por códigos de racionalidade rígidos e

honestidade profissional, torna-se um processo progressivo e acumulativo de aproximação das verdades. Por tais critérios, a ciência deve ser regulada por lógicas autônomas com relação a condicionantes externos a ela própria, tais como fatores de caráter social, político ou psicológico (González García, Cerezo e Luján, 1996).

Uma conseqüência marcante dessa concepção é a que confere estatuto de neutralidade à ciência que, pela vinculação estabelecida, é igualmente transferido para a tecnologia. A outra imagem é a de universalidade. Se a ciência é valorativamente neutra, então as construções resultantes da sua aplicação também o são e, desde que a tecnologia é resultado da aplicação da ciência, então a tecnologia é neutra em termos sociais, posto que não deve ser influenciada por valores humanos (González García, Cerezo e Luján, 1996, pp. 127-132). Esta é a imagem intelectualista (ou cognitiva) da tecnologia.

Niiniluoto afirma que considerar a tecnologia como ciência aplicada influiu também nos pressupostos filosóficos que reduzem a tecnologia a “um conjunto de regras tecnológicas” (Niiniluoto, 1997, pp. 285-299). As regras tecnológicas seriam conseqüências dedutíveis de leis científicas, sendo que o desenvolvimento tecnológico dependeria da pesquisa científica (Bunge, 1967). Este ponto de vista é o subjacente ao modelo linear do desenvolvimento que influenciou políticas públicas de ciência e tecnologia até tempos recentes.

Contudo, a tese da tecnologia como ciência aplicada tem sido atacada em diferentes frentes, como na argumentação de Staundenmaier, segundo a qual:

- *A tecnologia modifica os conceitos científicos.* Thomas Smith estudou o *Whirlwind project*, desenvolvido, após a Segunda Guerra Mundial, no MIT para criar um computador digital. Concluiu que a maior parte dos conceitos utilizados era endógena à própria engenharia, e os que procediam das ciências (especialmente da física em relação com o armazenamento magnético de informação) foram substancialmente transformados para a sua utilização no desenvolvimento do projeto.
- *A tecnologia utiliza dados problemáticos diferentes dos da ciência.* Walter Vincenti tem estudado o projeto aeronáutico, mostrando que a engenharia realiza abordagens importantes para problemas dos quais a ciência não tem se ocupado. Realiza uma categorização do conhecimento tecnológico: 1) conceitos

fundamentais de projeto, 2) critérios e especificações, 3) ferramentas teóricas, 4) dados quantitativos, 5) considerações práticas, e 6) instrumentação de desenhos. O conhecimento científico é importante nos casos 2, 3 e 4, mas parte destes tipos de conhecimento procedem do próprio desenvolvimento tecnológico.

- *A especificidade do conhecimento tecnológico.* Ainda que existam fortes paralelismos entre as teorias científicas e as tecnológicas, os pressupostos subjacentes são diferentes. Segundo Layton, a tecnologia, por sua própria natureza, é menos abstrata e idealizada que a ciência.
- *A dependência da tecnologia das habilidades técnicas.* A distinção entre a técnica e a tecnologia se realiza em função da conexão desta última com a ciência (tanto em relação com o conhecimento como com a metodologia, o uso de ferramentas teóricas etc.). Esta distinção não implica que na tecnologia atual não desempenhem nenhum papel as habilidades técnicas. (Staudenmaier, 1985, *apud* Palácios *et alii*, 2001, pp. 39-40).

Estas quatro linhas de argumentação identificadas por Staudenmaier não negam necessariamente que exista relação entre a ciência e a tecnologia; o que negam é que esta relação seja exclusivamente a que se expressa na compreensão da tecnologia como ciência aplicada.

Ainda que a conceituação da tecnologia como ciência aplicada tenha sido historicamente muito importante, hoje em dia é difícil de defendê-la. Shrum assinala que parece existir um consenso no entendimento da ciência e da tecnologia como duas subculturas simetricamente interdependentes. Mas por debaixo deste aparente consenso existem dois pontos de vista diferentes. Um defende a distinção dos métodos empregados, dos produtos obtidos, dos objetivos estabelecidos etc. O outro defende a identidade entre ciência e tecnologia (Shrum, 1986, pp. 324-340).

Pelo que se percebe, a imagem da tecnologia como ciência aplicada contribuiu para que tradicionalmente se desse pouca importância à análise da tecnologia. De fato, quando se sustenta que a tecnologia não é mais do que ciência aplicada é suficiente a análise da ciência, já que isto nos dará as chaves para entender também a tecnologia (Agazzi, 1980, pp. 82-99).

- A imagem instrumental

A imagem instrumental, quiçá a mais presente no meio técnico, também contemplada nas definições aqui apresentadas, enxerga a tecnologia como ferramenta para realização de tarefas, como produção de bens e serviços. Esta perspectiva reafirma o estatuto de neutralidade imputado à tecnologia. Por conta disso, é comum o emprego de argumentos do tipo: “os objetos tecnológicos podem ter boa ou má destinação, mas apenas a sua utilização pode ser imprópria, não o objeto em si” (González García, Cerezo e Luján, 1996, p. 130), o que sugere que os artefatos tecnológicos podem ser considerados, em princípio, universais, bastando apenas a devida adequação cultural para seu uso, talvez através de uma educação adequada.

Ellul (1960) chama a atenção sobre esse enfoque instrumental, considerando que se trata de uma maneira de ver os seres humanos e as máquinas, numa relação em que aqueles seriam influenciados por estas em sua vida profissional, em sua vida privada, em seu psiquismo. Mas se trata de uma maneira de ver que não nos permite dar conta que a técnica engloba a ambos e que a máquina não seria mais que uma expressão daquela.

Essa imagem instrumental corresponde à tradicional visão de túnel da engenharia, ao considerar que a tecnologia começa e termina na máquina (Pacey, 1990). Na idéia de máquina se privilegia a utilidade como principal valor tecnológico, descuidando assim de muitos outros valores que intervêm na elaboração da tecnologia. Para exemplificar a presença de outros valores do fazer da tecnologia, Osório (2002) faz referência a três: o prazer existencial... “no coração da engenharia jaz uma alegria existencial” (Florman, 1976); a criatividade, que não é só domínio da ciência (Staudenmaier, 1985); os fatores estéticos na realização das obras, sob a crença, por exemplo, de que se brilham bastante então estão bem feitos (Pacey, 1990).

Em muitos casos, os valores econômicos (como critério) e motivos utilitários parecem pouco significativos nesse contexto de valorações. O *design* de certos modelos de automóvel mostra bem essa idéia de valoração presente na tecnologia (o que está se tornando muito presente também em vários outros artefatos tecnológicos). E se valores desse tipo são importantes para a tecnologia, porque não

considerar também outros valores sociais relevantes? Voltaremos a esse aspecto no capítulo 4.

As “evidências” mais imediatas parecem corroborar com facilidade esse pressuposto de neutralidade cultural, moral e política da tecnologia, defendido pelas imagens intelectualista e instrumentalista. A simples difusão e uso de artefatos imaginados e produzidos em condições específicas por um grupo de pessoas de uma sociedade, por distintas sociedades com marcadas diferenças culturais parece ilustrar com toda clareza o argumento de que a tecnologia apenas proporciona ferramentas que são independentes dos sistemas de valores locais e que podem ser usadas imparcialmente em apoio a estilos de vida substancialmente diferentes (Pacey, 1990).

Pacey ilustra a difícil explicitação das imbricações mais abrangentes que essa idéia proporciona referindo-se ao trenó motorizado desenvolvido em 1959 por Joseph-Armand Bombardier de Valcourt, Quebec. O uso dessa máquina, como de modo geral muitas outras, estendeu-se para muito além das estações turísticas da América do Norte, sendo empregada para diversos fins por diferentes culturas, como a dos esquimós e de comunidades indígenas.

Para o autor, “os princípios de engenharia implicados no funcionamento dessas máquinas são válidos universalmente” (Pacey, 1990, p. 15), seja quem for que os ponha em prática. Mesmo que esse tipo de trenó tenha causado um impacto social ao alterar a organização do trabalho das comunidades envolvidas (da Lapônia, por exemplo), “nem por isso influenciou seus valores culturais básicos” de modo que se poderia afirmar que “a tecnologia do trenó de neve seria algo muito independente dos estilos de vida” das diferentes culturas que a adotaram (*idem*, p. 15).

Segundo essas visões, a universalidade e neutralidade associadas à tecnologia avalizam a transferência de tecnologia entre sociedades, independentemente e, muitas vezes, em detrimento de suas especificidades culturais. Por conta disso, o ensino das técnicas, em princípio, pode ser descontextualizado sem maiores conseqüências (em nome da validade universal dos princípios envolvidos e da clareza técnica propiciada pela simplificação), e também pode ser vinculado com a ética da responsabilidade social apenas em sentido restrito. Por extensão, pode-se defender que o engenheiro poderia ser isentado da responsabilidade pública do que produz e de seus efeitos, posto que os limites da sua atividade profissional seriam os da aplicação de princípios universais e neutros na elaboração de artefatos que são

igualmente neutros em termos culturais.

A imagem instrumental possui outras conotações de grande alcance. Ao considerar unicamente a fase instrumental da tecnologia e assumir seu pretensão caráter neutro, corre-se o risco de converter os especialistas, cientistas e engenheiros em detentores do direito de decidir o que é tecnologicamente “correto e objetivo”, alijando do processo aqueles muitos que afinal serão afetados pelas decisões tecnológicas (González García, Cerezo e Luján, 1996).

Como se pode notar, considerando que a construção de artefatos dá-se segundo esses entendimentos de tecnologia, a conclusão aponta obviamente para a sua neutralidade em termos culturais. Mas, quando se consideram os fatores de ordem cultural, econômica, social e política que concorrem para a configuração dos artefatos, logo se poderá perceber a extensão da influência e as diferenças de apropriação que se fazem presentes na constituição dos artefatos tecnológicos e na própria tecnologia. Nesse caso, a tecnologia já não pode ser tratada como mera aplicação da ciência e nem apenas confundida com objetos.

- A imagem sistêmica

A noção de sistema técnico tornou-se uma referência para definir a tecnologia, inclusive para aqueles que preferem falar de técnicas ao invés de tecnologia (Leroi-Gourhan, 1988; Gille, 1999).

A tecnologia é tratada aqui de diversas maneiras, mas basicamente neste trabalho refere-se a ela como base nos enfoques sistêmicos de Pacey (1990), Quintanilla (1988, 2001) e Hughes (1983), que consideram os sistemas tecnológicos como sistemas complexos nos quais os aspectos sociais e organizativos podem ser tão importantes quanto os próprios artefatos.

Usando esse enfoque, Quintanilla define a tecnologia como sistemas de ações intencionalmente orientados para a transformação de objetos concretos para conseguir de forma eficiente um resultado valioso (Quintanilla, 1988).

Por sua vez, Pacey desenvolve um conceito de tecnologia baseado numa prática social, que toma o conceito de prática médica e o apropria como prática tecnológica, na qual são incorporados diferentes componentes. Num diagrama ele os

distribui estabelecendo uma interconexão entre três aspectos agregadores. Fazem parte desse sistema de significação geral da tecnologia (Pacey, 1990, p.19):

- *O aspecto cultural*: objetivos, valores e códigos éticos; crença no progresso; consciência e criatividade.
- *O aspecto organizacional*: atividade econômica e industrial; atividade profissional; usuários e consumidores; sindicatos.
- *O aspecto técnico*: conhecimento, destreza e técnica; ferramentas, máquinas, químicos; pessoal, recursos e rejeitos.

Este autor atribui ao aspecto técnico o significado restrito de tecnologia, o que possuiria correspondência com as imagens anteriormente discutidas.

Hughes (1983) propõe, a partir de uma análise dos sistemas de distribuição de energia elétrica em cidades da Europa e dos EUA, uma noção de sistema técnico onde se deve levar em conta os componentes físicos, conhecimentos e organizacionais, os atores e, em particular, a dinâmica do próprio sistema.

Uma proposta que abarca mais a relação do sistema tecnológico com as pessoas é a de sistema sociotécnico – ou sistema sócio-tecnológico – (Wynne, 1983), e uma ampliação desta imagem, que incorpora a temática ambiental é a de sócio-eco-sistema tecnológico, que permite realizar um tratamento unificado dos problemas de gestão da inovação tecnológica e da intervenção ambiental (Osório, 2002; González García, Cerezo e Luján, 1996).

Esse enfoque sistêmico da tecnologia, como se pode perceber, estabelece uma imbricação que permite operar diferentes interpretações. Abre uma perspectiva nova para o entendimento das interações da engenharia e dos seus papéis e, por esta razão, é retomado no capítulo 4, mais especificamente, na discussão da neutralidade sob a ótica da política.

2.6 O “inerente” benefício social da engenharia

Mesmo que durante a década de 1990 o caráter normativo tradicional da engenharia tenha sido submetido a escrutínios e tenha sido alterado formalmente na sua base formativa, como pode ser verificado nas propostas da ABET norte-americana (que pelas similaridades presumivelmente tem influenciado a elaboração das propostas de diretrizes curriculares brasileiras), ainda parece prevalecer o ideal do caráter benfeitor como base moral das ações da engenharia. Tal postura profissional, embora entremeada de uma confusa e difusa relação com as regras de mercado e a própria idéia de inovação e criatividade, constituiria uma resistência e mesmo um afastamento do ideal cientificista do positivismo lógico, na medida que, para aquele, o progresso científico só era possível se a busca da verdade fosse regulada unicamente pela equação lógica + experiência, de tal modo que qualquer valor externo, por mais benemérito que fosse, era considerado como uma ingerência inaceitável, dada a potencial capacidade de obstaculizar e até interromper o desenvolvimento dessa forma de conhecimento. Obviamente, tal idéia só fazia sentido se a ciência pudesse ser considerada como bem em si mesma – “a crença na benfeitora mão invisível da verdade” (González García, Cerezo e Luján, 1996).

A questão básica da apropriação desse princípio auto-regulador da ciência pelas engenharias é que os resultados da atividade da engenharia têm-se tornado imediatamente visíveis nos dias de hoje, revelando contradições importantes com relação à idéia de benefício social. Desse modo, tornou-se um problema admitir que o caráter benfeitor está “naturalmente” vinculado à atividade do engenheiro. Claramente, o que está em jogo, atualmente, é a regulação social da atividade científico-tecnológica, o que até certo ponto parece evocar o caráter pré-moderno da relação entre ciência, tecnologia e sociedade. A diferença fundamental reside na tendência à cada vez mais intensa interação entre ciência e tecnologia (materializada na tecnociência), consideradas empresas separadas na pré-modernidade (Mitcham, 1990).

Nesse sentido, a grande questão que se coloca é: a ciência e a tecnologia devem voltar a ser reguladas socialmente? Para a intensificação das ingerências da ciência-tecnologia no mundo atual, parece não haver muitas alternativas. Contudo, de certo modo isso implica uma certa ingerência social no mercado. Não se pode

produzir qualquer coisa para qualquer fim. Implica dizer, em última instância, que a sociedade, alvo das ações de mercado, deve aumentar seu poder de decidir o que lhe convém.

Do benefício incondicional ao risco negociado

Muitas são as razões históricas que provocaram a emergência do movimento por uma ampliação da visão das relações da ciência e da tecnologia com a sociedade, e que acabaram convergindo para a crítica e finalmente rejeição da visão linear de progresso que se forma durante o século 19 e que se mantém até a metade do século 20. Dentre essas razões está a ampliação do sentimento generalizado de que, de fato, aquele modelo de progresso não estava cumprindo sua promessa de conduzir a cada vez mais bem-estar social, mas ao contrário.

Uma formulação historicamente recente – de “sociedade de risco” – parece evocar o fechamento em torno dessa questão, corroborando o que os movimentos sociais e a reação acadêmica já preconizavam desde a década de 60, conforme já abordado anteriormente. Com a afirmação de que “nos encaminhamos para uma nova modernidade na qual o eixo que estrutura nossa sociedade industrial já não é a clássica distribuição de bens, mas a distribuição de males”, Beck (1986) parece decretar o fim da idéia de benefício exclusivo que hoje pareceria ingênua, mas que contribuiu fundamentalmente para o que ocorre hoje. Tal afirmação não constitui uma visão catastrofista do mundo, mas mais uma constatação de que os riscos dos desdobramentos da atividade científico-tecnológica se aproximam perigosamente dos benefícios sociais que ela engendra.

Uma forma de abordagem que emerge dessa ampliação dos fatores que contribuem para a interpretação do fenômeno científico-tecnológico a partir de sua profunda imbricação com a sociedade é oferecida pela orientação Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). Segundo essa orientação, a visão da ciência e da tecnologia como forma de atividade sociocultural (Hughes, 1983) torna possível aprofundar os nexos que se estabelecem entre elas e todo o conjunto de fatores sociais com os quais interatuam (Núñez, *apud* Ibarra y Cerezo, 2001, p. 262). Desde que toda a atividade humana está intimamente relacionada com a

transformação/adaptação ambiental, inclui-se nessa perspectiva também os nexos ecológicos.¹⁶

Os temas de estudo no campo CTS costumam explorar o modo como as políticas públicas e os agentes sociais se expressam e se envolvem na produção, difusão e consumo dos processos científico-tecnológicos, com o objetivo de fomentar atitudes comprometidas e participativas entre os profissionais e o público, enquanto gestores, produtores e consumidores desses desenvolvimentos no trabalho e na comunidade. É aqui que se configura a perspectiva de negociação de riscos daquilo que se constituirá em artefato tecnológico a ser compartilhado pela sociedade que o engendrou, e não como determinação externa a ser apropriada incondicionalmente.

¹⁶ A Ecologia é referida, nesse contexto, ao estudo da estrutura e do desenvolvimento das comunidades humanas em suas relações com o meio ambiente e sua adaptação a ele, assim como novos aspectos que os processos tecnológicos ou os sistemas de organização social possam acarretar para as condições de vida dos seres humanos. Refere-se também a aspectos da ecologia cultural, principalmente na maneira como a exploração dos recursos naturais engendra modos de comportamento (divisão do trabalho, organização territorial etc.) que afetam os demais aspectos da cultura.

PERSPECTIVAS CTS E A FORMAÇÃO EM ENGENHARIA

3.1 Porque CTS como referencial

O que interessa, particularmente, nesta tese, é explorar de forma mais aprofundada os possíveis obstáculos interpostos à educação em engenharia como conseqüência da assunção de uma concepção restrita das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e natureza, que orienta implícita ou explicitamente os processos de formação das capacidades na engenharia. Para tanto, as orientações CTS, da forma aqui explorada, podem oferecer contribuições para a incorporação de fatores explicativos das múltiplas imbricações da engenharia, numa dimensão que até agora tem sido mantida apartada do ensino de engenharia por supostamente não lhe dizer respeito.

Para que se possa entender um pouco melhor as crenças e pressupostos que conferem sustentação a atitudes hegemônicas no ensino de engenharia, inibindo o envolvimento formal dos especialistas técnicos com os aspectos que possibilitam uma maior participação pública e uma ampliação do campo de competência de sua atividade, é imperativo saber onde e como aqueles pressupostos se originam.

De partida é assumido que tais crenças e pressupostos são tidos como auto-evidentes na área técnica, a ponto de serem considerados “naturais” da atividade da engenharia, de modo que não chegam a constituir, em princípio, questões que poderiam ser formalmente consideradas como pontos de inflexão que justificassem a abertura de um campo de estudos próprio, destinado à compreensão da coisa técnica e das inter-relações que ela engendra. Os problemas técnicos, por essa ótica, requerem apenas soluções técnicas em sentido estrito, para as quais existem metodologias laboriosamente estruturadas.

Trata-se, evidentemente, de uma posição que expressa uma visão internalista – e em muitos casos ingênua – da engenharia, a partir da qual os problemas reais são transformados em estruturas freqüentemente bastante complexas, mas das quais são simplesmente eliminados todos os aspectos ditos não técnicos, o que equivale dizer, nesse contexto, socioculturais.

A posição a esse respeito aqui defendida é que, ao contrário, a evidente e anunciada importância da tecnologia no mundo atual e o seu poder de penetração em todos os recantos provoca a emergência de contradições básicas naqueles pressupostos, contradições que constituem pontos de inflexão importantes para a compreensão da coisa técnica que certamente afeta *o que* e *o como* fazer da engenharia, com evidente conseqüência sobre a sua estrutura pedagógica.

Desse modo, a identificação e problematização desses pressupostos, no campo disciplinar, pressupõe operar sobre uma base “externa” do conhecimento da engenharia e, também, na visão “filtrada” da vivência pessoal como professor e pesquisador. É aqui que os estudos CTS podem auxiliar a identificação e problematização dos pressupostos que podem estar obstaculizando a ampliação da visão do campo de atuação das engenharias, principalmente no que se refere aos seus comprometimentos sociais mais amplos.

O enfoque CTS é bastante amplo e interagente, de modo que se torna necessário estabelecer os limites de nossa incursão teórica nesse campo de conhecimento, para evitar dispersões excessivas. Antes, porém, cabe realizar uma breve incursão na estrutura do movimento CTS, revelando suas origens e razões que levam aos desdobramentos e à importância que assumem hoje, principalmente para os países “em desenvolvimento” que, como o Brasil, estão submetidos a uma pressão tecnológica em muitos aspectos não compatível com suas condições culturais e econômicas.

Numa perspectiva mais particular, concordando com Vessuri, trata-se também de pensar numa endogenização da tecnologia, vista como assimilação crítica e criativa, como processo através do qual seriam estabelecidas as características da tecnologia nos países periféricos, que não exclui a sua importação, mas que seja adequada às demandas definidas por uma política de C&T com compromissos sociais amplos (Vessuri, 2001). Nesse sentido, em concordância com Herrera, a transferência de tecnologia transforma-se em parte do processo de

assimilação/geração de tecnologia (Herrera, *apud* Dagnino, 2000a). Mantidas as devidas distâncias, à semelhante conclusão conduz Leroi-Gourhan ao analisar o processo de empréstimo e inovação técnica por diferentes grupos étnicos (Leroi-Gourhan, *apud* Laburthe-Tolra e Warnier, 1997), embora o campo de validade de sua tecnomorfologia dos sistemas técnicos, de caráter mais lógico que histórico, esteja restrito a técnicas pré-industriais (Osório, 2002).

Para Vessuri, não há nesse processo a intenção de um encapsulamento da sociedade que opta por um desenvolvimento científico e tecnológico desse tipo, mas implica conquistar autonomia para definir de que maneira essa sociedade particular deseja funcionar, em que base tecnológica deseja proceder.

Ao nível ideológico trata-se, entre outras coisas, de um processo de ruptura com a visão tradicional de ciência e de tecnologia que, acompanhando a autora, segue de uma desocidentalização (ou deseuropeização), “o assumir a ciência como cultura, o passar do predomínio de atores sociais que são “porteiros” que abrem as portas para as tecnologias forâneas do mundo desenvolvido ao apogeu de vetores tecnológicos endógenos, o reestruturar disciplinas científicas que constituem reservatórios de conhecimentos elaborados por outras culturas, a reavaliação do sentido comum local e a re-construção de tradições, assim como a participação social na criação de tecnologia” (Vessuri, 2001, p. 242).

Contudo, para poder mudar é preciso conhecer onde se escondem as resistências e reticências, torná-las visíveis, debatê-las e, a partir daí, buscar formas mais adequadas a critérios democraticamente escolhidos. A história pode nos auxiliar nessa busca.

Na seqüência, realiza-se uma breve abordagem histórica do movimento CTS e de seus desdobramentos, que resultaram nas atuais concepções que são empregadas como referenciais para as discussões realizadas e para as propostas de mudança no processo de formação de engenheiros, com ampliação do campo de competência da engenharia, centrado na complexidade relacional das novas concepções e imbricações de sociedade e de tecnologia, ou da sociedade tecnológica.

Esse enfoque logo se mostrará efetivo para o tratamento de contradições e de resistências aos processos de transformação, respaldadas pelas visões usuais – concepção tradicional – das relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

3.2 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 princípios 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 à atividade científico-tecnológica.

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...), 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) (Palacios *et alii*, 2001).

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 (Palacios *et alii*, 2001).

A tradição europeia, 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 exclusivamente técnica que a estrutura.

Bazzo (1998) denuncia a ausência, na formação de engenheiros, das imbricações da engenharia com a sociedade, e aponta para a necessidade de inclusão de temas CTS na formação tecnológica.

Para Mitcham (1989), bem como para outros autores do movimento CTS, duas obras bem diferentes, ambas publicadas em 1962¹⁷, 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

¹⁷ Para Stephen Cutcliffe, o livro de Rachel Carson data de 1958 (Cutcliffe *apud* Medina e Sanmartín, 1990).

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 que inaugura um estilo interdisciplinar que tende a diluir as fronteiras clássicas entre as especialidades acadêmicas (Palácios *et alii*, 2001).

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 sessenta, 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.

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 *Admirável Mundo Novo* de Aldous Huxley na década de 30, e posteriormente com Heidegger (1954), Jacques Ellul (1954), Habermas (1968) e outros.

Para Cutcliffe, 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 livro¹⁸ 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.

De acordo com Postman, embora o livro tenha causado inicialmente algumas controvérsias no mundo acadêmico porque denunciava a existência de uma “implacável hostilidade” entre intelectuais literários e cientistas físicos, logo caiu no esquecimento porque Snow teria se equivocado ao afirmar que havia uma disputa que de fato não existe e, desse modo, “havia levantado a questão errada, dado o argumento errado e, por conseguinte, oferecido uma resposta irrelevante” (Postman, 1994, p. 11). Contudo, 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 necessariamente a natureza, transformada pelo conjunto das ações científico-tecnológicas.

Conseqüências sobre a atividade científico-tecnológica

Passados mais de trinta anos do início do movimento de “desencantamento”¹⁹ científico-tecnológico, a lista de problemas atribuídos à ciência e à tecnologia parece

¹⁸ *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.

¹⁹ 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.

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.

Exemplos do aparente descontrole tecnológico não faltam. Assim é que, por exemplo, algumas cidades como São Paulo, Santiago do Chile e Cidade do México, tendência esta que se estende para outras cidades economicamente emergentes, ficaram repletas de automóveis. Mesmo sabendo dos graves problemas associados a estes artefatos tecnológicos, que paradoxalmente já se aproximam de obras-primas de um modelo de conforto humano, tenta-se manter o mesmo conceito básico de bem-estar, induzido via propaganda, enquanto procura-se amenizar os problemas ambientais e sociais associados a esta forma de transporte com medidas que parecem remeter à origem da questão: o transporte coletivo. Entretanto, nem as cidades, nem as sociedades, estão sendo preparadas para este tipo de transporte e nem qualquer movimento no sentido de repensar seriamente este tipo de transporte está sendo feito ou divulgado, o que por certo deve causar mais mal-estar social.

Esta não é, evidentemente, uma questão de solução simples, porque envolve muito mais do que apenas aspectos técnicos de uma tecnologia. Envolve aspectos emocionais, psicológicos, sociais, políticos, econômicos, valores simbólicos, enfim, vários dos aspectos de uma cultura urbana. O que fazer? Se considerarmos apenas os aspectos técnicos, uma solução, que há algum tempo foi proposta, seria a de reduzir a largura dos veículos de modo a caberem dois, lado a lado, na mesma pista. Esta parece ser uma solução interessante para alguns, que venderiam em dobro, mas possivelmente também constituiria uma multiplicação de problemas sociais e

ambientais futuros. O que há de concreto é a redução do tamanho e potência dos veículos mais populares e a utilização de materiais recicláveis, mas nada de efetivamente novo é proposto como solução dos graves problemas associados a esta 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 nossas 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; contribuem 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 hoje adotada no ensino de 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.

3.3 A concepção clássica de C&T e a perspectiva da engenharia

A história de CTS é também a história de uma reação crítica nos âmbitos acadêmico e educacional contra a imagem clássica da ciência e de suas relações com a tecnologia e a sociedade (Ibarra e Cerezo, 2001).

A concepção clássica das relações entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e a natureza é uma concepção essencialista e triunfalista (Palacios *et alii*, 2001) 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). 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.

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.

Uma tal 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 (Bunge, 1980), ou a tecnologia seria a aplicação da ciência à construção de artefatos, ou simplesmente identificada com os artefatos.

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).

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 científica, 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 temos assistido e dos quais participamos 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*²⁰.

Essa nova modalidade de ciência – a *tecnociência* – que teria se consolidado na segunda metade do século 20, e que as comunidades científicas costumam chamar de *Big Science*, está relacionada com a pesquisa que requer grandes equipamentos, equipamentos muito sofisticados de alta precisão e consideráveis recursos econômicos para ser desenvolvida. Echeverría considera que, embora no século 19 e início do século 20 tenham existido projetos que se caracterizam como tecnocientíficos, a Segunda Guerra mundial e os anos da Guerra Fria caracterizam a época em que a tecnociência emerge e se consolida. Para ele, o projeto Manhattan, a física de partículas, a meteorologia, a corrida espacial, a criptologia, o ciberespaço, a engenharia genética, o projeto genoma, a realidade virtual, a telemedicina, entre outras, seriam exemplos que caracterizam a tecnociência. Esses grandes projetos só se tornaram realidade num contexto em que não é possível separar ciência e tecnologia, ou seja, o progresso científico não pode ser concebido sem o avanço tecnológico, e vice-versa. “Quando o conhecimento científico depende estritamente dos avanços tecnológicos, de modo que não é possível observar, medir nem experimentar sem recorrer a grandes equipamentos, então estamos falando de tecnociência”. (Echeverría, 2001, p. 222).

Obviamente, este autor refere-se a uma parte já considerável da ciência, mas não a toda a ciência atual. Ele assevera que a “emergência da tecnociência não

²⁰ *Tecnociência* – “A importância outorgada a instrumentos e técnicas dentro de algumas tendências da tradição européia 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).

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” (*idem*).

Por outro lado, Frederico Firmo de Souza Cruz considera que a *Big Science* é caracterizada nem tanto pela utilização de instrumentos científicos que envolvem alta tecnologia, mas mais por uma nova forma de organização do trabalho científico. Esta nova forma de organização se caracteriza por um aumento de escala, que faz com que dos poucos cientistas trabalhando em universidades se passe a ter centenas e às vezes milhares envolvidos num projeto cujos objetivos transcendem a pergunta científica. A divisão de trabalho dentro da ciência se torna brutal em determinadas áreas. Os resultados científicos vêm junto com subprodutos tecnológicos de grande impacto.

Esta forma de organização do trabalho é adotada por várias indústrias de tecnologia de ponta como a Bells e a IBM, entre outras, de forma que, no entendimento deste pesquisador, é esta forma de organização do trabalho envolvendo alguns aspectos típicos da pesquisa inseridos no contexto mais amplo que caracteriza a tecnociência, e que teria sido a razão do salto tecnológico de vários países desenvolvidos.

Da mesma maneira, 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 técnica 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

envolvimentos 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 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 envolvimentos 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 coletivos exotéricos (ver capítulo 4).

A expressão política dessa visão tradicional da ciência e da tecnologia, onde se reclama a autonomia da ciência-tecnologia com respeito à interferência social ou política, é algo que tem lugar imediatamente depois da Segunda Guerra Mundial, uma época de intenso otimismo acerca das possibilidades da ciência-tecnologia e sua necessidade de apoio incondicional.

3.4 A perspectiva moderna da C&T e sua influência no ensino de engenharia

Autores ligados ao movimento CTS consideram que a perspectiva moderna da C&T pode ser caracterizada pelo enfoque do Relatório de Vannevar Bush, um cientista norte-americano que foi diretor da *Office Scientific Research and Development* (Agência para a Pesquisa Científica e o Desenvolvimento, EUA) durante a Segunda Guerra Mundial, e teve um papel protagonista na materialização do Projeto Manhattan para a construção das primeiras bombas atômicas.

O Relatório Bush intitulado *Science: The endless frontier* (Ciência: a fronteira inalcançável) prescrevia o nexos entre o conhecimento científico acerca das leis da natureza e o controle tecnológico da natureza mesma para o benefício e o progresso da humanidade. Sua implementação mais completa e de maior êxito foi a organização da ciência norte-americana durante a Guerra Fria, e se interioriza hoje em todos os níveis da complexa e diversificada empresa de pesquisa moderna. Também interpenetra a sociedade industrial como um todo (Sarewitz, 2001, pp. 155-171). Em outras palavras, traça as linhas mestras da futura política tecnológica norte-americana, reforçando o modelo linear de desenvolvimento: o bem-estar nacional depende do financiamento da ciência básica e do desenvolvimento sem interferência da tecnologia, assim como da necessidade de manter a autonomia da ciência para que o modelo funcione. O crescimento econômico e o progresso social viriam por conseqüência.

Bush declarava que,

A pesquisa básica conduz a novo conhecimento. Proporciona capital científico. Cria a base a partir da qual as aplicações práticas do conhecimento hão de construir-se. Os novos produtos e processos não aparecem totalmente desenvolvidos. Fundamentam-se sobre novos princípios e novas concepções que são cuidadosamente desenvolvidos pela pesquisa no reino mais puro da ciência... as universidades públicas e privadas e os institutos de pesquisa hão de proporcionar tanto o novo conhecimento científico como os pesquisadores formados... É muito importante que nessas instituições os cientistas possam trabalhar em uma atmosfera relativamente livre da pressão adversa da convenção, do prejuízo e da necessidade comercial (Bush, *apud* González García, Cerezo e Luján, 1996).

No rastro da história é preciso mencionar que o exemplo dos Estados Unidos será seguido pelo resto dos países industrializados ocidentais durante a Guerra Fria, que se envolveram ativamente no financiamento da ciência para a produção de armamentos para as guerras da Coréia e do Vietnã. Por exemplo, em 1954, é criado na Suíça o Centro Europeu de Investigação Nuclear (CERN, *Centre Européen de la Recherche Nucleaire*), como resposta europeia à corrida internacional na pesquisa nuclear (Palacios *et alii*, 2001).

O mesmo relatório evidencia que,

O progresso na guerra contra a doença depende do fluxo de novos conhecimentos científicos. Os novos produtos, as novas indústrias e a criação de postos de trabalho requerem a contínua adição de conhecimento das leis da natureza, e a aplicação desse conhecimento a propósitos práticos. De uma maneira similar, nossa defesa contra a agressão requer conhecimento novo que nos permita desenvolver armas novas e melhorá-las. Este novo conhecimento essencial só pode ser obtido através da pesquisa científica básica... Sem progresso científico nenhum sucesso em outras direções pode assegurar nossa saúde, prosperidade e segurança como nação no mundo moderno (Bush, *apud* Palacios *et alii*, 2001, p. 122).

Enfatizando a necessidade de financiamento público da pesquisa básica, poder-se-ia dizer, concordando com Fuller, que se matavam dois coelhos com uma só cajadada: por um lado se promovia a autonomia da instituição científica frente ao controle político ou ao escrutínio público, deixando nas mãos dos próprios cientistas a localização dos recursos próprios do sistema de incentivo do conhecimento e, por outro, favorecia-se uma projeção de longo prazo da pesquisa que, segundo a experiência da guerra, havia demonstrado ser necessária para satisfazer as demandas militares no âmbito da inovação tecnológica (Fuller, 1999, p. 117).

De acordo com Sarewitz, o auge do programa de Vannevar Bush pode ser simbolizado por resultados como a vacina contra a poliomielite, a bomba de hidrogênio, a invenção do transistor, a clonagem da ovelha Dolly, a derrota do campeão de xadrez Gary Kasparov pelo computador Deep Blue ou a “instantaneidade” da comunicação global promovida pelas TIC, mas o argumento geral é de que os assuntos humanos são agora mediados em todos os níveis e em qualquer escala por tecnologia de base científica e pela atividade econômica que gera (Sarewitz, 2001, p. 159). Entretanto, isto não significa, como defendem alguns otimistas, que estas conquistas constituam o caminho da salvação da humanidade – e ironicamente da natureza –, e tampouco se pode afirmar, como querem os pessimistas, que isso seja indicativo de desastre progressivo.

Apesar disso, afirma o autor,

a idéia de que algum tipo desejável de estado estacionário, como condição metaestável para a humanidade, pode estar realmente ao alcance recebeu de fato a mesma aceitação entre otimistas e pessimistas, como expressa o conceito econômico e ambiental de desenvolvimento sustentável, o ideal político do ‘fim da história’, a visão tecnologicista da natureza como uma cornucópia infinita e o ciclo da vida humana que se pode alargar infinitamente” (*Op. Cit.*, p. 160).

No entanto, este autor assevera que tanto a realidade da natureza quanto da democracia revelam tensões cruciais no programa ilustrado para a ciência.²¹ Em termos de natureza, o paradoxo centra-se no fato de que, ao mesmo tempo em que admite o crescimento do grau de controle proporcionado pela ciência e pela tecnologia, aumenta o espaço da incerteza e o risco potencial associado às suas realizações.

O que dizer em termos de humanidade? Acontecimentos como os de 11 de setembro de 2001 e suas conseqüências parecem agir como uma luz de alerta com relação a estas visões mais otimistas, planos e conceitos que, fatalmente, em função deste que está sendo considerado um ponto de inflexão histórico, deverão servir de referência para as ações relacionadas com o empreendimento científico-tecnológico, do mesmo modo que para as ações educativas em ciência e tecnologia.

3.5 CTS e o contexto da educação em C&T na Europa e nos EUA

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. Para Mitcham, 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

²¹ Sarewitz considera que o programa para a ciência defendido por grandes pensadores da Ilustração, de Bacon e Descartes a Jefferson e Voltaire, foi reformulado de modo moderno pelo relatório de Vannevar Bush (*Op. Cit.*).

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 sessenta 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.

3.6 Envolvimentos CTS da engenharia européia

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 alcunhou 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 umbilicamente 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). Este é um ponto fundamental para as reflexões realizadas nesta tese, posto que um dos desdobramentos da abordagem CTS está relacionado à perspectiva de uma *educação* em engenharia. A essa perspectiva associamos 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.

3.7 O enfoque CTS e o espaço de relações da engenharia

Numa aproximação conceitual realizada por Palacios *et alii*, os estudos CTS:

constituem um campo de trabalho recente e heterogêneo, ainda que bem consolidado, 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 (Palacios *et alii*, 2001, p. 125).

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 nesta tese 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 valorações. Os resultados de uma tal ciência e tecnologia seriam colocados a serviço da sociedade para que essa 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.

Neste trabalho são discutidas as conseqüências dessa concepção clássica das relações entre ciência, tecnologia e sociedade também no que se refere às fronteiras artificialmente estabelecidas para essa tríade, na formação de engenheiros.

Atualmente, apesar de ainda se trabalhar com 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, namoro 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. Como comentam Palácios *et alii*, “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” (Palacios *et alii*, 2001, p. 8).

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 na engenharia, 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.

3.8 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 sessenta e setenta, 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 também na UFSC,

com orientações diferenciadas, em decorrência das suas origens e dos seus objetivos.

Referindo-se ao enfoque educacional CTS no Brasil, Souza Cruz considera que “alguns projetos da área das ciências, ensino de Física e em Química, desenvolvidos na década de 80, apesar de não estarem explicitamente vinculados ao enfoque CTS, pelas suas características podem ser considerados como tal” (Souza Cruz, 2001, p. 40). Mas já desde a década de 70, de acordo com ela,

o processo de direcionamento para o ensino de Ciências vem sofrendo inúmeras modificações, por conta das transformações políticas, sociais e econômicas que têm afetado o Brasil. A partir de então, grupos de pesquisa em ensino de Ciências começaram a fazer uma reflexão sobre os trabalhos desenvolvidos na área, analisando principalmente as implicações do desenvolvimento científico e tecnológico no ensino. De um lado, temos educadores e pesquisadores que consideram que as disciplinas científicas, além de atuar na formação de um cidadão comum capaz de contribuir para a melhoria da qualidade de vida, deve também atuar na formação de cientistas e tecnólogos capazes de trabalhar para a superação do desnível que existe em relação a países desenvolvidos. Do outro, temos aqueles que estão preocupados com os processos envolvidos no ensino das ciências (Souza Cruz, 2001, p. 38),

indicando que o Brasil também não estava alheio ao que acontecia no âmbito do movimento CTS internacional, apesar das resistências para a implementação de um novo enfoque para a educação científica e tecnológica. Como coloca a autora, “a preocupação com esse importante papel atribuído atualmente ao ensino de Ciências não faz parte dos cursos de formação de professores e está muito distante das salas de aula. O componente político dos programas, que procura apresentar a organização institucional da ciência e da tecnologia e sua influência na vida de cada indivíduo, ainda não chegou na maioria das escolas” (*idem*, p. 39).

Contudo, se por um lado a abordagem CTS está ainda restrita a alguns grupos de pesquisa no seio da universidade, por outro, seus efeitos já se fazem sentir, aparecendo em documentos oficiais para o ensino de nível médio, como se pode observar nos excertos recolhidos por ela (Souza Cruz, 2001, p. 40):

(...) o ensino de Ciências, nestas séries, se constitui na continuidade de um processo de alfabetização científica e tecnológica que permitirá ao aluno, cada vez mais, estabelecer conexões com fenômenos naturais, socioculturais e, em consequência, realizar uma leitura e uma interpretação mais elaborada da natureza e da sociedade (Proposta Curricular de Santa Catarina, pp. 87-88).

(...) os conteúdos de Ciências, apresentados nesta Proposta Curricular, estão devidamente organizados e articulados ao longo das séries, devem contemplar a forma prática de trabalhar a relação entre Ciências e produção e entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, estabelecendo a efetiva relação dos conteúdos com o trabalho pedagógico (Proposta Curricular de Santa Catarina, p. 89).

Esta breve consideração das tendências de enfoque educacional de nível médio é suficiente para destacar a premência de se trabalhar as questões da formação superior sob o enfoque CTS na área tecnológica, que estará acolhendo, em futuro que esperamos ser próximo, estudantes com essa base formativa.

Projetos educacionais em ciências como o de Aprendizagem Centrada em Eventos (Souza Cruz e Zylbersztajn, 2001) podem propiciar uma mudança de enfoque na formação em ciências, com a intensificação do envolvimento da ciência – e da tecnologia – com a sociedade, o que pode vir a transformar o caráter mesmo da atividade científica e tecnológica em nível universitário.

Na Unicamp, os estudos CTS estão centralmente relacionados com as políticas de Ciência e Tecnologia para a América Latina. A imbricação entre essas abordagens é perceptível, e Dagnino refere-se à sua importância ao tratar do enfoque cognitivo subjacente a essas políticas de C&T (Dagnino, 2002), como forma de superação de obstáculos históricos que impedem a assunção de atitudes transformadoras do quefazer científico-tecnológico nacional.

Na UFSC, tais estudos estão mais diretamente orientados para a educação CTS com maior tradição no âmbito da educação de nível médio (com origem na escola CTS inglesa) e, mais recentemente, consolidando também uma posição para a educação de nível universitário e formação de professores, através do recentemente 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. De fato, 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 que eram 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, ao que Fourez denomina “transmissão de poder social” (Fourez, 1995), objetivando a superação da ação tecnocrática, e também com o sentido de um novo contrato social²² para a ciência e a tecnologia.

A abordagem CTS para a educação em engenharia no Centro Tecnológico da UFSC, como já comentado, 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 (com orientação da escola CTS espanhola).

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

²² 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*, 2001).

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 trabalho, 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 sócio-epistêmicos 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.

CTS na educação média na Europa e nos Estados Unidos

Todos os níveis educativos são apropriados para levar a cabo as mudanças em conteúdos e metodologias. No ensino secundário a educação CTS está tendo uma grande penetração em muitos países, com a elaboração de um grande número de programas docentes e um respeitável volume de material desde os finais da década de 1970. Para isso contribuiu o impulso proporcionado pela pesquisa acadêmica vinculada à universidade, assim como por organismos intergovernamentais como a UNESCO.

Em países como Inglaterra e EUA, duas associações de professores tiveram importância destacada no impulso de CTS neste nível educativo: a Associação Nacional de Professores Norte-americana (*National Science Teachers Association*) e a Associação para o Ensino da Ciência Britânica (*Association for Science Education*).

Segundo Palacios *et alii* (2001), uma das experiências mais notáveis de educação em ciência, a partir de CTS, tem sido conduzida no *Science Education Center* da Universidade de Iowa para o ensino médio. Entre os resultados obtidos conclui-se que a orientação CTS na educação em ciências melhora a criatividade e a compreensão dos conceitos científicos e contribui para desenvolver no estudante uma atitude positiva para a ciência e para a aprendizagem da ciência (Yager, 1993; Penick, 1992). Obviamente, esse processo requer contar com um programa de formação para os docentes, capaz de proporcionar as bases teóricas e a aplicação prática do enfoque CTS.

Diferentes programas CTS existentes na educação secundária, classificados como: introdução de CTS nos conteúdos das disciplinas de ciências (enxerto CTS); a ciência e tecnologia através de CTS; e CTS puro, buscam operar essas transformações da consciência em e sobre ciência e tecnologia, para que tanto os

futuros cientistas e tecnólogos quanto o público em geral tornem-se capazes de tomar decisões em assuntos que envolvam ciência e tecnologia, ou seja, que construam a capacidade de decidir sobre questões científicas e tecnológicas que os implique como cidadãos (Waks, 1990; Kortland, 1992; Sanmartín e Luján López, 1992).

Em *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. Um exemplo dessa linha de trabalho é o projeto SATIS (Science and Technology in Society). O projeto SATIS consiste em pequenas unidades CTS, elaboradas por docentes, que desde 1984 publicou mais de cem destas unidades, e cuja utilidade principal é complementar os cursos de ciências. Alguns títulos são: o uso da radioatividade, os bebês de proveta, a reciclagem do alumínio, a chuva ácida e a AIDS.

Em *Ciência e tecnologia através de CTS* busca-se ensinar 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.

Finalmente, *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 foram abordadas no passado questões sociais vinculadas à ciência e à tecnologia, ou como se chegou a uma certa situação problemática no presente.

A educação CTS, além de compreender os aspectos organizativos e de conteúdo curricular, deve alcançar também os aspectos próprios da didática. Nesse sentido, é importante entender que o objetivo geral do professor é a promoção de uma atitude criativa e crítica, 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.

Sob esse conceito de construção coletiva, a resolução dos problemas compreende o consenso e a negociação, assim como ter em conta permanentemente o conflito, onde o docente tem um papel de apoio para proporcionar materiais conceituais e empíricos aos alunos para a construção de pontes argumentativas. Essa atitude do docente não é, pois, a do tradicional depositário da verdade; mais que isso, tenta refletir pedagogicamente os próprios processos científico-tecnológicos reais com a presença de valores e incertezas, ainda que assumindo sempre a responsabilidade de conduzir o processo de ensino-aprendizagem desde a sua própria experiência e conhecimento.

De acordo com Waks, para introduzir mudanças estruturais no sistema educativo com a finalidade de realizar uma educação tipo CTS, são requeridos:

- a) uma transferência da autoridade do professor e dos textos para os estudantes, individual e coletivamente;
- b) uma mudança na focalização das atividades de aprendizagem do estudante individual para um grupo de aprendizagem;
- c) uma mudança no papel dos professores como distribuidores de informações autorizadas, de uma autoridade posicional a uma autoridade experiencial na situação da aprendizagem (Waks, 1993, pp. 16-17).

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 sessenta (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, transmitindo por sua vez uma imagem mais realista da natureza social da ciência e da tecnologia, assim como no 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.

Em sua célebre Conferência Rede de 1959, C.P. Snow abordou a polémica cisão da vida intelectual e prática do ocidente em dois grupos diametralmente opostos, separados por um abismo de incompreensão mútua. 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

nossas formas de vida e de ordenamento institucional (Snow, *apud* Palacios *et alii*, 2001).

Dadas as novas orientações educacionais que essa perspectiva oferece ao nível de formação básica, de um processo que já se encontra em andamento como anteriormente comentado, 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.

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 exposto 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. Uma das formas de abordagem que possibilita fazer emergir as imbricações CTS ao nível do conhecimento tecnocientífico pode ser proporcionada pelo conceito de transposição didática, conforme abordado no capítulo 4.

No âmbito das ações do NEPET, em 2000 foi introduzida, através do Departamento de Engenharia 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.

Essa ação disciplinar constitui, assim é entendida no contexto deste trabalho, 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).

3.9 CTS no contexto da política de C&T para a América Latina

Numa perspectiva progressista para o ensino de ciências no Brasil, Auler (2002) faz um levantamento do estado da arte em termos de CTS para o contexto brasileiro, atendo-se basicamente nos trabalhos de pensadores latino-americanos, e particularmente de Dagnino, no que diz respeito às políticas científico-tecnológicas.

Em maio de 2002 foi realizado o Fórum “Gestão da Integração Ciência, Tecnologia e Sociedade”, em Londrina, sob os auspícios do GEITA (Grupo de Estudos em Inovação Tecnológica na Agricultura) do IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná).

O Objetivo do Fórum foi, segundo os organizadores, “alavancar reflexões e estimular uma visão crítica sobre a gestão do conhecimento e da tecnologia, não apenas como instrumento de progresso e competitividade, mas como fenômeno social e parte do processo democrático”. Resultou desse encontro uma coletânea de artigos reunidos em livro (Santos *et alii*, 2002), no qual apresenta-se uma situação geral da C&T e suas interações com a Sociedade para o Brasil.

O que se percebe é que o estado atual de CTS no Brasil, por esta perspectiva, também apontada por Auler (2002), é de uma orientação muito pertinente para as questões de dependência e das dificuldades de se estruturar uma ação de caráter endógeno para uma maior efetividade das ações que visem a superação dos graves problemas sociais que são típicos da condição do capitalismo periférico.

Vaccarezza, ao realizar um apanhado da questão da ciência e da tecnologia na América Latina, considera essencial que para tratar de C&T é preciso contextualizar e relativizar para a realidade latino-americana (Vaccarezza, 2002, pp. 43-79).

Pode-se inferir dos trabalhos de autores como Dagnino e Vaccarezza, a necessidade de se transformar, também na essência, o processo educacional com vistas a uma participação dos professores e dos profissionais no processo de decisão sobre as questões de C&T que possa propiciar uma ampliação do processo democrático, que busque uma maior participação de outros atores no processo

decisório das políticas de C&T. É de se notar também a presença de Lopez Cerezo nessa publicação, o que sugere uma aproximação à tradição Iberoamericana em CTS, cuja abordagem é mais epistemológica.

Dagnino entende que o maior desafio da comunidade de pesquisa brasileira é, justamente, “gerar uma dinâmica alternativa àquela que se vem conformando nos países avançados em substituição ao paradigma eletro-mecânico fordista. É gerar uma dinâmica de exploração da fronteira de conhecimento científico e tecnológico distinta da hoje hegemônica em nível mundial” (Dagnino, 2002, p. 104).

Este autor considera que um tema central recorrente no campo dos estudos CTS, tanto no Brasil quanto nos países capitalistas avançados, está associado ao como fazer com que a produção local de conhecimento seja melhor distribuída e absorvida pela produção para que se possa disponibilizar bens e serviços cada vez mais baratos e efetivos para a sociedade. Não se afasta assim da idéia de que o conhecimento científico-tecnológico deve finalmente gerar benefício social. Mas no contexto de sua obra, corrobora que essa relação não é linear como propunha o modelo linear de desenvolvimento (modelo ofertista linear), em concordância com o enfoque CTS aqui utilizado.

Referindo-se à relação pesquisa-produção para a América Latina, Dagnino aponta cinco idéias-força (ou pressupostos) do transplante do modelo institucional do ofertismo linear (MIOL) resultante do contrato social selado pelo relatório Bush, e que após 50 anos ainda parece orientar a comunidade científica (e tecnológica):

- A ciência, por ser inerentemente boa, deve ser apoiada pelo estado em nome da sociedade.
- A “cadeia linear de inovação”, centrada na visão do processo de inovação que surge da perspectiva empírica do pesquisador ao nível micro do laboratório, do encadeamento pesquisa básica → pesquisa aplicada → desenvolvimento tecnológico → novo produto → benefício social, que de modo reducionista é transferido para o nível macro dos processos sociais, sujeitos a determinantes muito mais complexos e pouco controláveis. Tal modelo acabou por se transformar em normativo da política de C&T.
- A formação de “massa crítica”, que promove a potencialização das duas anteriores. A concentração do elemento pesquisa básica e recursos humanos

desencadearia a reação da cadeia linear de inovação de forma auto-sustentada.

- A pesquisa básica que seria o detonador do processo inovativo é usada pela comunidade da ciência para justificar a concessão dos meios, pelo estado, para materializar a cadeia linear de inovação. Essa vai mais longe, ao assumir como central o seu papel na elaboração da política de C&T e a posterior avaliação dos resultados.
- A idéia de modernidade, baseada na visão eurocêntrica, que ganha força no pós-guerra, que a considerava uma conseqüência da capacidade de gerar e absorver progresso técnico. Um corolário dessa idéia é que *se a sociedade se mostra incapaz de absorver o conhecimento que a comunidade científica oferece é porque ela se encontra num estágio atrasado* (ênfase adicionada).

De acordo com o autor, para entender os efeitos dessas idéias-força nos países latino-americanos é conveniente introduzir novos conceitos, como o de teia de relações²³ (ou rede de relações) e de campos de relevância, que ele desenvolve no restante do seu trabalho, estabelecendo uma comparação com o que acontece nos países economicamente avançados.

Cabe destacar, das considerações deste autor, que o campo de relevância vai sendo formado a partir de “sinais” de relevância, difusamente “emitidos” pelos atores, e “captados” pela comunidade de pesquisa (aspas do autor), que formam a teia de relações – nos países centrais, as empresas, o estado, a sociedade em geral –, para cujos atores o conhecimento produzido é funcional (*idem*, p. 127). Em resumo, o caldo de cultura da pesquisa conformado por esses sinais de relevância, “decodificados” pela comunidade de pesquisa converte-se em sinal de qualidade, que finalmente irá orientar a ação da comunidade de pesquisa. Naqueles países “o resultado é um mecanismo que reduz o compromisso da comunidade de pesquisa a uma mera garantia de qualidade da pesquisa que vai ser feita com dinheiro público, uma vez que a relevância está ‘garantida’ pela teia social de atores” (*idem*, p. 128). Todavia, há que se considerar que essa esquematização que é válida para a

²³ Dagnino comenta que o conceito de “teia de relações” guarda certa correspondência com aqueles usados para explicar os processos de mudança tecnológica que tentam dar conta da complexidade sociotécnica. Dentre os autores citados por ele, destaco os que trabalham com a perspectiva construtivista social da tecnologia (Bijker, Hughes e Pinch, 1997).

compreensão de como se conforma a política de C&T nos países ricos, pode não ser adequada para países como o Brasil e, inclusive, chegar a inibir o reconhecimento de especificidades que são próprias do país. Em outras palavras, pode inibir a formação de uma consciência crítica dos atores envolvidos com as atividades de C&T para o que é social e economicamente relevante.

Como fruto da análise desenvolvida com o aporte dos conceitos de teia de relações e de campo de relevância, pode-se compreender as influências exercidas pelo modelo linear de desenvolvimento na América Latina (*idem*). Particularmente, no que diz respeito ao conceito de qualidade, o autor afirma que a comunidade científica latino-americana concebe a qualidade em pesquisa associada à idéia de neutralidade, ahistoricidade e universalidade ligados àquele modelo de desenvolvimento. Para reforçar o entendimento de como esse processo de assimilação ocorre ao nível das estruturas de pesquisa e pedagógicas, é mister reconhecer que muitos de nós, pesquisadores e professores, não percebemos que

o conceito de qualidade que adotamos é, na realidade, historicamente e socialmente construído. Isto é, que “pertence” a um outro campo de relevância estabelecido por uma outra teia de relações. Por ser datado e formulado no interior de um outro contexto econômico, social e político, esse conceito é funcional aos interesses dos atores sociais que neles se manifestam de forma hegemônica. Ele é adaptado – e “pertence” – a uma outra sociedade (Dagnino, 2002, p. 128).

No entendimento aqui apresentado, não se trata de falta de qualidade de pesquisa – que é claramente mostrada através dos excelentes trabalhos apresentados em congressos e revistas indexadas internacionais –, mas do modo de entender o que significa aquela qualidade em termos de C&T quando considerada no âmbito de sua imbricação com a sociedade em que se insere. Nesse sentido, aquela concepção de qualidade – que é simultaneamente razão e resultado de uma prática histórica dependente – torna-se um obstáculo pedagógico à mudança de perspectiva, de modo que constitui um dos fatores relevantes a ser considerado ao se buscar construir uma nova prática pedagógica que se plasme pela formação criativa e crítica desses atores.

Dessa maneira, está-se diante de uma situação de difícil superação pela via da formação tradicional, dado que ela inibe a formulação de alternativas pelos próprios educadores, os professores, já que estes se encontram embebidos desses pressupostos a um tal ponto que a sua reprodução, quando percebida, é vista como base da solução e não como parte do problema da dependência. É uma questão de difícil tratamento acadêmico justamente pela natureza dos envolvimento a que aqueles pressupostos submetem os pesquisadores e as instituições.

Cabe esclarecer que essa interpretação da relação de dependência não implica, no contexto desta tese – e que é registrado em vários momentos – fechar as portas para o aprimoramento do conhecimento científico. Ao contrário, ela acrescenta novos desafios para o desenvolvimento científico e tecnológico, na medida em que se preocupa em promover também uma maior interação com a sociedade e suas especificidades locais.

O que se propõe nesta tese é contribuir para a ampliação da compreensão dos papéis que os educadores da área técnica possuem nessa rede de atores. Pode-se inferir, em concordância com Dagnino, Thomas e Davyt, que se torna necessário, para superar as deficiências provocadas pela lógica da dependência, que os atores locais sejam formados com a consciência da relevância a que se refere, conferindo-lhes a capacidade de discernir sobre a relevância da atividade para um conjunto maior de atores que compõem a rede de relações, ou o sócio-sistema tecnológico.

Isso pressupõe que o conhecimento científico-tecnológico deve estar relacionado também com as realidades locais, caso contrário não há ligações fortes o suficiente para que este seja posto a serviço da sociedade, mas apenas a uma hipotética sociedade que seria usufrutuária de produtos tecnológicos de uma tecnologia que não chegou para a maioria da população e que é relevante para os países de origem desse tipo de conhecimento. Essa desvinculação é também associada ao que Dagnino denomina de disfuncionalidade universitária, já abordada no capítulo 1.

O fato é que os autores dessa vertente, na sua maioria, apontam para os problemas decorrentes da relação de dependência da condição periférica, seguindo a tradição que remonta aos inícios do movimento CTS na América Latina. Então, o que é importante salientar no contexto desta tese, é o fato de que há uma convergência para o tratamento da questão também pela ótica da mudança conceitual no ensino tecnológico, e de engenharia em particular. Compreender essas imbricações no

ensino das técnicas constitui um passo importante também para a superação dos obstáculos para o desenvolvimento científico e tecnológico a que esses autores se referem.

Ao final das contas o que se busca salientar, agregando essa crítica ao modelo de desenvolvimento em C&T brasileiro é que, em certa medida, os fatores que contribuem para a manutenção da lógica do modelo linear ofertista no caso latino-americano não têm sido adequadamente equacionados, porque não provocam uma suficiente comoção intelectual nas instituições que têm por função educar os atores que participam ativamente do processo de mudança tecnológica. Por essa perspectiva, esses atores não estariam conscientes, ao nível de sua formação técnica, das imbricações amplas e complexas de sua atividade e, desse modo, não possuiriam as condições cognitivas para propor alternativas a essa realidade a partir de seus conhecimentos, convergindo para o que é apontado por autores da vertente educacional CTS. E essa consideração é concordante com a conclusão de Dagnino de que

o desafio da democratização exige uma renovação conceitual muito significativa dos pesquisadores e dos analistas e gestores da política de C&T. E que esta renovação, em função do recurso cognitivo e político que detêm esses atores é imprescindível para gestar o novo modelo institucional que tornará possível aquela dinâmica alternativa (Dagnino, 2002, p. 139).

NOVAS PERSPECTIVAS E IMPLICAÇÕES

“Mas aqueles que são sábios reconhecem que diferentes nações têm concepções diferentes das coisas e, sendo assim, os senhores não ficarão ofendidos ao saber que a vossa idéia de educação não é a mesma que a nossa.”

Chefe indígena da Virgínia²⁴

4.1 Mudança de postura pedagógica e profissional

A reflexão sobre o ensino de engenharia, no Brasil e em boa parte dos países ocidentais, tem dado bastante atenção às técnicas e procedimentos de ensino, considerando ou não os aspectos cognitivos, buscando fundamentalmente alcançar a máxima eficiência técnica tanto dos modos de “transmitir conhecimentos” quanto dos supostos resultados de aprendizado alcançados pelos alunos. Em muitos casos, e atualmente isso é bastante presente, reduz-se a problemática de ensino à sua dimensão instrumental, ou a uma interação instrumental-cognitiva.

Qualquer que seja o caso, aparentemente todas as linhas que trabalham essas questões na área tecnológica continuam baseando-se em pressupostos históricos e ideologias hegemônicas, sem uma adequada confrontação com novas determinações históricas, ou seja, sem considerar formalmente as possíveis divergências entre procedimentos pedagógicos estabelecidos e exigências sociais dinâmicas. Refletir sobre

²⁴ No livro *O Que É Educação*, o antropólogo Carlos Rodrigues Brandão transcreve a carta de um chefe indígena da Virgínia endereçada a Benjamin Franklin, porque o governo americano ofereceu escolas para jovens índios. Quando os jovens voltaram, não sabiam caçar, sequer construir uma cabana. Eram “totalmente inúteis”. O chefe concluía oferecendo aos jovens da Virgínia a chance de ir aprender tudo dos índios, para que se tornassem “homens de verdade”. Almanaque Brasil de cultura popular, ano 1 nº 11 – fevereiro de 2000. *Aprender. O saber não ocupa lugar*. (pp. 18-20).

a pertinência de procederes pedagógicos à luz das interações complexas entre ciência, tecnologia e sociedade constitui uma forma bastante satisfatória de ampliação da compreensão da atividade técnica, que permite transformar o modo de ver e fazer da engenharia. Nesse sentido, trabalhar com a complexidade das relações conformadoras da tecnologia constitui um imperativo para responder às pressões transformadoras (e compreendê-las) que se fazem sentir no campo do ensino tecnológico.

Insiste-se que um dos imperativos básicos do ensino de engenharia atual é compreender que o professor de tecnologia não é um mero transmissor de conhecimentos técnicos, por melhor que o faça, mas um educador com compromissos sociais importantes, porque não é mais possível desconsiderar que seus atos pedagógicos possuem conseqüências sociais abrangentes, mesmo que indiretas, e nem simplesmente seguir ignorando ou negligenciando a presença implícita de suas interpretações dos valores sociais e culturais nas escolhas que realiza para o trato das técnicas, como é evidenciado neste trabalho.

Fica claro, neste contexto, que o professor de engenharia não apenas transmite conhecimentos técnicos aos seus alunos, mas também os ensina a como ver a sua profissão, como se comportar profissionalmente, em que valores devem se apoiar e precisam defender, enfim, como deve ser e agir um engenheiro, o que significa que o professor de engenharia educa, o que equivale dizer, acompanhando Paulo Freire e Pedro Demo, politiza. O ensino de engenharia, neste sentido, forma o **cidadão-técnico**, um ator social privilegiado porque possui conhecimentos que possibilitam alterar o mundo social da vida numa extensão significativa. Aceitar que o ensino de engenharia é conformado apenas por conhecimentos técnicos e científicos, é reduzir a importância da engenharia como produção da sociedade e inibir uma participação socialmente mais consciente dos docentes e profissionais de engenharia.

A dimensão sociotécnica emerge nas manifestações favoráveis a uma formação com conteúdos que atendam a necessidades de integração social dos técnicos, notadamente aquelas orientadas para o atendimento de certas necessidades das empresas, e também tem recebido a devida atenção por parte de educadores da engenharia, com destaque para os que se dedicam à pesquisa do currículo. Contudo, não está claro quais critérios devem ser considerados, e nem como se dá essa interação entre técnica e sociedade no conhecimento tecnológico.

Como decorrência de tais constatações, reforça-se que é imperativo entender que a máxima de que quanto mais conhecimento tecnocientífico possuir o professor melhor será seu ensino não é totalmente verdadeira, por se tratar de uma relação muito mais complexa do que sugere esta afirmação. Ela envolve uma rede vastíssima e intrincada de interesses e pressões que ultrapassam em muito o mero efeito que sugere, como mostram claramente os trabalhos dos diversos autores, de diferentes tendências e linhas de pesquisa apresentados nesta tese. As conseqüências da adoção daquele pressuposto se contrapõe, nas bases sobre as quais está assentado, a uma educação tecnológica socialmente comprometida, e restringe seu campo de ação ao atendimento de interesses parcelares da sociedade. Do mesmo modo, introduzir conhecimentos disciplinares das humanidades buscando reduzir os efeitos indesejáveis do afastamento cognitivo histórico, por si só, pode constituir apenas uma satisfação de momento à sociedade e não produzir o impulso adequado a uma efetiva transformação conceitual da engenharia.

É importante salientar que a busca da ampliação do conhecimento tecnocientífico da engenharia não está em discussão. Para o modelo atual de sociedade ela se apresenta como necessária e precisa ser incentivada, porque aparentemente a sociedade não sobreviveria sem a técnica e seus desdobramentos. Ademais, é importante que se considerem as questões do desenvolvimento científico-tecnológico para países periféricos, como o Brasil, já que se evidenciam as diferenças mundiais atribuídas à distribuição do saber tecnocientífico e de poder no planeta. O que se discute aqui é a vinculação linear e ingênua da busca do conhecimento tecnocientífico com a qualidade do ensino tecnológico, e as conseqüências que essa forma de ver e agir acarreta em termos da inserção social da engenharia.

Assim, para que a relação mais conhecimento tecnológico → mais qualidade de ensino se torne mais significativa, há de se contemplar o outro lado, o da pesquisa de ensino levada a sério pelas instituições de ensino de engenharia, orientada para a reflexão sobre o próprio conhecimento da engenharia, seus meios, sua significação social e as transformações que engendra. Para países dependentes como o Brasil essa imbricação é particularmente importante, na medida que aponta para a estruturação de uma engenharia mais envolvida com os problemas que surgem e se plasmam no meio sociotécnico interno, ampliando sobremaneira o campo de

competência da engenharia. E isso é possível mediante atitudes que favoreçam a reflexão do papel do ensino tecnológico para a sociedade, e por ações efetivas de política pública de financiamento da pesquisa do ensino. De trabalhos como os de Freire, Demo, e Winner, pode-se inferir que uma construção politicamente referenciada do conhecimento poderá ser muito mais efetiva para um desenvolvimento tecnológico socialmente relevante, do que aquele decorrente da mera razão técnica.

Entretanto, é preciso compreender que isso só não basta. Embora de forma não continuada, há destinação de recursos para o ensino tecnológico e também para a pesquisa de ensino. Boa parte desses recursos tem sido utilizada para a estruturação e modernização de laboratórios de ensino técnico (incluindo prédios, bancadas didáticas, laboratórios de ensino a distância, por internet etc.). Sem a reflexão dos pressupostos que orientam essa práxis de ensino, essas estruturas continuarão voltadas para o ensino centrado nos mesmos paradigmas. E isso significa, por um lado, a manutenção continuada da inadequação com a contemporaneidade e com as mudanças sociais em curso (roupa nova em corpo velho) e, por outro lado, o crescimento da fragmentação do ensino, posto que orientado para o aumento da especialidade atrelada a alguns setores econômicos. Bancadas didáticas, não raro, são produzidas por empresas fabricantes de equipamentos específicos, o que normalmente orienta o conhecimento técnico para produtos e processos particulares que se apresentam mascarados como conhecimentos universais, constituindo uma armadilha do conhecimento facilmente assimilada pelos professores e “repassada” aos alunos.

Questões dessa monta constituem um dos pilares das preocupações com essa temática expressas nesta tese. Que engenharia praticamos e que engenharia queremos ter para as novas relações do mundo tecnológico? Conseqüentemente, que engenheiros estamos formando e para que estão sendo formados?

Considerar isto implica buscar compreender como e em que medida a atividade da engenharia interfere na sociedade e que rumos essa sociedade se propõe, evitando que caminhemos, como diz Winner (1987), com um certo sonambulismo tecnológico, sem nos darmos conta de para onde estamos indo.

Nessa acepção, apenas seguimos produzindo, alimentados pelo ideal de que é imanente em nossa atividade o seu caráter socialmente benéfico e que ela

representa um papel fundamental para a redenção e a supremacia da espécie humana que, finalmente, pode superar suas próprias deficiências em relação à natureza, controlando-a e moldando-a aos nossos desígnios. Mas de que sociedade, de que natureza e de que desígnios falamos? E a que técnicas nos referimos?

O que aqui se propõe é ir um pouco mais além. Por um lado, trata-se de buscar alterar a constituição do conhecimento técnico, na sua essência, através da pesquisa do conhecimento de sua formação, ou seja, de suas estruturas e da estrutura de seus modelos, com a mediação de conhecimentos sócio-históricos e epistemológicos, o que implica a necessidade de uma formação docente que se oriente pela imbricação de dois eixos: o tecnocientífico e o socioepistêmico. A necessidade de formação docente que contemple aspectos epistemológicos e das interações CTS na área tecnológica já foi apontada por Bazzo (1998) e faz parte das ações no âmbito do NEPET (UFSC).

Por outro lado, trata-se de considerar os diversos aspectos socioeconômicos e políticos da atividade científico-tecnológica e dos envolvimento da engenharia no contexto do seu ensino, ou seja, a politização do ensino de engenharia. Não faz sentido manter os engenheiros alheios (em termos formais) à extensão das influências dos seus saberes e dos usos que se fazem dos produtos desses saberes. Um engenheiro pode contribuir muito mais para a *sua* sociedade se conhecer melhor as realidades em que, como cidadão-técnico, está inserido.

Pertinência e urgência da mudança de perspectiva para a formação

“O pensamento de Adorno e de Habermas recorda-nos incessantemente que a enorme massa do saber quantificável e tecnicamente utilizável não passa de veneno se for privado da força libertadora da reflexão.” (Morin, 1999, p. 21). Essa afirmação de Morin anuncia de forma contundente porque estruturada sobre fatos vividos, o que pode resultar do poder transformador do conhecimento da engenharia nos tempos de sociedade tecnológica, se desacompanhado da consciência desse poder. Encerra a pertinência e a necessidade de se possuir um conhecimento do conhecimento técnico, entre outros, por todos os iniciados nas “ciências” da engenharia. Finalmente, sugere o compromisso da inseparabilidade entre ciência, tecnologia e sociedade, não

como entidades estanques que percebem uma a outra, se comunicam e disputam espaços, mas como estruturas interpenetrantes que não podem existir isoladamente, e que negociam de forma cada vez mais intensiva.

Prigogine faz um outro alerta quanto à emergência de transformações necessárias ao modo de ver a ciência e, conseqüentemente, a tecnologia. Afirma ele que “nunca a necessidade de estreitar relações entre a ciência e a sociedade, inclusive a sua estrutura de poder, foi tão forte” (Prigogine, *In*: Mayor & Forti, 1998, p. 11). Trabalha com a idéia de que o conceito de natureza está culturalmente vinculado, e que não é mais possível cultivar a imagem do mundo como uma peça de relojoaria. Para ele, as certezas estão mortas.

Do mesmo modo que Morin, mas à sua maneira, Prigogine reconhece a aproximação entre ciência e sociedade baseado na sua cosmovisão termodinâmica. Para o autor,

está ocorrendo uma mudança radical de perspectiva, como resultado da percepção de que, em geral, os sistemas obedecem a leis não-lineares e exibem um comportamento complexo, na forma de transições abruptas, multiplicidade de estados, auto-organização e imprevisibilidade. [...], podemos ver que as ideologias associadas tanto à ciência quanto ao poder estão em crise. Curiosamente, isso aproxima as ciências “duras” das ciências sociais. De fato, o novo quadro conceitual oferecido pelos sistemas evolucionários complexos traz às ciências sociais um conjunto coerente de idéias, tais como futuros múltiplos, escolha e bifurcações, dependência da história, incerteza intrínseca (Prigogine, *In*: Mayor & Forti, 1998, p. 13).

Uma tal aproximação de idéias das ciências “duras” para as ciências sociais pode ser estendida também para a tecnologia, de modo a implicar alterações estruturais no trato desse tipo de conhecimento por todos aqueles que estão diretamente envolvidos com a sua difusão. Os professores de tecnologia em geral, e de engenharia em particular, antes de quaisquer outros participantes do processo de difusão desse tipo de conhecimento, estão inextricavelmente envolvidos com esse compromisso, posto que é principalmente na universidade, e especialmente nas públicas, que esse tipo de conhecimento é sistematizado e difundido.

O ensino de engenharia, por razões perfeitamente explicáveis à luz da história e da filosofia da ciência e da tecnologia, embora talvez não mais justificáveis, por tradição isola do conhecimento técnico disciplinar as suas origens, determinações históricas e interações socioculturais, de modo que a sua imbricação raramente chega a ser reconhecida explicitamente na conformação dos sistemas técnicos, que costumam ser tratados como universais. Por outro lado, busca-se estabelecer explicitamente uma interação cada vez maior com as ciências ditas básicas (talvez por sua notória presença em todas as esferas do saber). Entretanto, o ensino ainda centra-se no pressuposto da tecnologia como aplicação da ciência, embora já reconheça a emergência de uma maior interação entre ciência e técnica, tendendo a uma simbiose, sintetizada na denominação tecnociência.

Apesar dessas interpretações fragmentadas da relação entre ciência, tecnologia e sociedade, existem fortes indicativos – apontados nesta tese – de que a sua imbricação não só é uma necessidade lógica da engenharia, mas um imperativo prático para a própria justificação da atividade tecnológica e para a existência mesma dos sistemas técnicos – ou sociotécnicos – num mundo em que claramente as fronteiras econômicas, sociais e geográficas estão se diluindo, não sem conseqüências dramáticas para as diversas culturas e grupos sociais. Globalidade e localidade, nesse contexto, vão assumindo posições mais definidas e, desse modo, requerem análises diferenciadas.

Diferenças de contexto

Considera-se aqui alguns aspectos que auxiliam a corroborar e compreender as razões que levam a introduzir, neste trabalho, discussões sobre a atividade da engenharia e as suas produções no âmbito do seu ensino. As considerações são orientadas prioritariamente ao ensino de engenharia, mas entendo que se possa e se deva estender essas considerações para todos os coletivos da engenharia e da educação tecnológica. Essa delimitação deve-se ao fato de admitir que existem diferenças importantes entre os coletivos da engenharia e os do ensino de engenharia; entre o engenheiro profissional no contexto geral da sociedade e o engenheiro professor no contexto da universidade como instituição social.

Entende-se que existem diferenças marcantes não apenas pelo fato do engenheiro professor estar imbuído da tarefa de ensinar/educar, mas também pelo fato de esse engenheiro professor de universidade, basicamente das universidades públicas, atuar como profissional de engenharia no seio da estrutura universitária, mas com conotação diversa daquele profissional de mercado, posto que ele está, e releva isso, atuando também como pesquisador e, portanto, com compromissos e interesses diferentes do engenheiro profissional. Possui também status distinto e possibilidades privilegiadas de ocupar posições destacadas nas estruturas de poder do estado.

Nesse contexto incluem-se também os professores eventuais, os horistas, os substitutos, os de tempo parcial e os professores de universidades privadas (no contexto atual com pouco envolvimento com a pesquisa), que representam uma parcela significativa do quadro das instituições de ensino superior. Apesar dessas diferenças de regime e condições de trabalho, visto que muitos desses professores são profissionais no pleno exercício de sua atividade, as considerações aqui realizadas são válidas para todos, dado que todos estão trabalhando basicamente como educadores.

Nesse sentido, é bastante razoável admitir que, apesar de reações contrárias, os engenheiros ligados à universidade devam estar ainda mais sintonizados com as questões mais gerais da sociedade, dada a natureza da sua atividade e a qualidade de sua produção intelectual, de certo modo apartada do sistema produtivo *stricto sensu*, mesmo reconhecendo os diferentes envolvimento e visões existentes entre os professores efetivos e os das outras categorias.

Entende-se que, apesar de importante, não basta introduzir conteúdos disciplinares que trabalhem a inserção da engenharia na tecnologia e de ambas no contexto social, e temas que coloquem na berlinda muitos dos pressupostos que orientam a prática da engenharia e fundamentalmente do seu ensino. Além disso, há que se submeter a contínuo escrutínio o caráter mesmo da produção e do produto acadêmico, seja no que concerne aos indivíduos dotados do poder do conhecimento e da autoridade outorgada pelo diploma, o que é consentido pela sociedade (daí seu fundamental compromisso com ela), seja no resultado de sua produção.

Em tal contexto, discutir certos atributos daquilo que constitui a base dos ensinamentos da engenharia, a saber, as técnicas e os seus produtos, assume um

caráter de premência para a compreensão das transformações tecnológicas que têm exercido pressões consideráveis para mudanças no ensino de engenharia, mudanças que se manifestam nos constantes arranjos curriculares e nas propostas de diretrizes curriculares, que buscam se adequar aos imperativos daquelas transformações.

4.2 Novo olhar sobre as interações sociais das comunidades da engenharia

Toda profissão que possui objetos de trabalho minimamente definidos, alvarás sociais reconhecidos e respeitados, linhas de pesquisa delimitadas, código de ética público, linguagem própria, enfim, que possui um sólido estatuto socialmente construído, pode ser reconhecida como uma profissão madura. Isso, mais cedo ou mais tarde, acontece com todas as áreas de trabalho que se consolidam perante a sociedade em função de, por exemplo, corresponder adequadamente aos seus anseios.

Junto com a consolidação de uma profissão, apresentam-se conseqüências nem sempre desejáveis ou mesmo imagináveis por aqueles que dela se ocupam, estabelecendo verdadeiras condições de contorno “quase impermeáveis” que delimitam algumas de suas ações e repercussões na sociedade. Uma delas é a tendência a um certo fechamento da comunidade profissional sobre si mesma, sobre sua lógica interna de funcionamento. Com efeito, pode-se inferir que dentro de uma comunidade madura, e que tenha atingido um estágio tal de estabilização que lhe conferiu uma mínima autonomia de ação, tudo se processa, desde a escolha de problemas, a procura de soluções, os critérios de avaliação destas soluções, as traduções que se fazem necessárias para a compreensão dos objetos de trabalho, até a forma de tratar estes objetos. É como se, após estar constituída uma massa crítica, a comunidade profissional dispusesse de certa autonomia de ação, que inclusive a liberasse do compromisso de manter ligações mais fortes com os fatos que lhe deram origem.

O internalismo denuncia-se aí: tudo se decide dentro dos próprios limites do sistema, inclusive a aceitação de problemas e soluções propostas. É o reconhecido sistema de avaliação por pares. Condições como estas, que respaldam o entendimento aqui registrado, é que definem o âmbito de abrangência de uma

comunidade profissional, incluindo seus deveres e obrigações sociais.

A comunidade profissional e sua organização

Um coletivo – ou uma comunidade profissional – é entendido aqui como um conjunto de indivíduos que trabalham norteados por paradigmas. Os paradigmas – conjuntos de regras de como proceder para entender e resolver problemas postos à solução, à semelhança de um modelo ou forma de conjugação ou declinação gramatical – serviriam como orientadores de ação, definindo, por exemplo, o que é e o que não é um objeto de trabalho dessa comunidade.

Entende-se que uma comunidade profissional, uma vez tendo incorporado uma determinada forma de tratar uma certa classe de problemas, trabalharia traduzindo tudo à sua volta de acordo com as regras definidas e aceitas para confirmá-la. As comunidades dos médicos, dos engenheiros, dos advogados, dos professores ou qualquer outra agiriam, se não precisamente dessa forma, pelo menos de maneira muito semelhante a esta. A engenharia, por exemplo, para resolver problemas da sociedade, primeiro os traduz para as suas regras de funcionamento interno, para só então trabalhá-los. Ou seja, lê os desejos da sociedade, traduz para as suas regras estes desejos, matematiza-os e objetifica-os, e só então os trabalha, devolvendo um produto pretensamente neutro e talvez autônomo (ver abordagem sobre a transposição didática em 4.4).

Resulta deste comportamento uma certa tendência que as comunidades maduras desenvolvem de defenderem seus próprios interesses particulares e de querer fazê-los valer para o conjunto da sociedade. Com efeito, seus membros passam a interpretar tudo à sua volta segundo critérios que servem, em suma, para justificar e manter seus paradigmas. A regra de ouro para a manutenção da comunidade profissional passa a ser obedecer aos paradigmas vigentes, perpetuar o comportamento esperado, e consolidá-la fortalecendo-a cada vez mais.

Um exemplo bastante característico deste entendimento pode ser identificado entre os locutores esportivos, que adotam um determinado padrão de narração bastante peculiar, sendo muito semelhante em qualquer região do país. Agindo por cópia de um modelo antigo, que foi aprovado pela sociedade numa dada época, os novos cronistas passam simplesmente a imitar os padrões já consagrados, quando

entram nesta atividade, mesmo que a sociedade os tenha alterado em relação à forma vigente quando da definição do formato original de narração; isto, a rigor, passa a ser quase uma obrigação para que um determinado indivíduo pertença a esse ramo. Comportamento semelhante pode ser encontrado entre os repórteres de televisão e locutores de rádios FM, que suprimem seus sotaques regionais para reproduzir o padrão de plantão, ou seja, para obedecer ao paradigma vigente para aquela atividade.

Estendendo este raciocínio ao objeto desta análise – o ensino da engenharia e a educação tecnológica como um todo –, pode-se afirmar que a defesa de inclusão de novas disciplinas no currículo de um curso pode ser um destes sintomas. Consolidada uma nova área de estudos, como qualidade total, método dos elementos finitos, hipermídia, robótica ou tantas outras, logo surgem, por sugestão de seus simpatizantes, propostas de criação e implantação de disciplina que a contemple. Tais comportamentos também surgem quando novos indivíduos, com sólidas formações em outras áreas, ou mesmo antigos membros agora com novas formações específicas, chegam – ou retornam – ao coletivo, e “precisam” ver premiadas suas competências perante o grupo. Estaria aí consignada uma disputa por espaços políticos, fruto do desejo de galgar postos-chave para a defesa de interesses particulares dos grupos.

Em princípio não há nenhum mal nisso. Está presente nesta tese. Essa tendência na verdade dinamiza os sistemas, em especial os processos educacionais, renovando-os de acordo com as próprias evoluções que se dão na sociedade ou são por ela referendados. Problemas surgem quando tendências desse tipo exacerbam-se, retroalimentando comportamentos autofágicos, que cristalizam cada vez mais fragmentações e internalismos autóctones, no mais das vezes orientados por pressupostos e ideologias hegemônicas.

De acordo com Kuhn (1990), nos períodos em que os trabalhos fluem normalmente, sem grandes revoluções ou impasses conceituais ou interferências marcantes, tudo funciona dentro da comunidade tendo como pedra de toque os paradigmas, numa “paz” que só será rompida quando eles não dão mais conta de justificar um determinado fenômeno ou de resolver novos problemas que se apresentam. Esta nova maneira de abordar a anomalia detectada só será alçada à condição de paradigma na medida em que ela sobrepujar as suas antecessoras, seja

em termos de poder de explicação, seja em função de ter sido adotada por um número significativo ou representativo de indivíduos de uma dada comunidade. Existiriam então dois grandes momentos na ação dos coletivos esotéricos: os períodos de normalidade, quando trabalhar seria uma espécie de “montar quebra-cabeças” e manter o ritmo das produções, e os períodos revolucionários, quando a estrutura se desestabiliza e procura novos pontos de equilíbrio, para dar continuidade a uma nova normalidade.

A mudança paradigmática não constitui um processo fácil nem rápido, posto que está entremeada por um conjunto complexo de interesses, pressupostos históricos, ideologias, enfim, todos os aspectos de uma cultura. Vislumbrar transformações marcantes é também um exercício de superação pessoal da carga sociocultural conformadora do sentir, pensar e agir humanos. Quem não tende a retroceder diante de uma novidade supostamente incognoscível ou ameaçadora de uma imaginada estabilidade à primeira visão?

Os Coletivos, suas demarcações cognitivas e operativas e sua dinâmica

Para a abordagem dos diferentes aspectos das demarcações de fronteira cognitiva e operativa das comunidades profissionais, suas interrelações, seus movimentos e as interações mais amplas com o todo social, emprega-se aqui os conceitos de coletivo *eso* e *exotérico*.

Coletivo esotérico é concebido aqui como uma comunidade madura, com estatuto social estabelecido. Infere-se que um tal coletivo tem a tendência de tornar-se internalista. Tal designação reporta-se a alguns trabalhos epistemológicos do século 20, que por sua vez escoram-se em terminologia utilizada por filósofos da Grécia antiga. Para eles, esotéricos eram os indivíduos completamente instruídos, que dominavam algum assunto específico, e seus ensinamentos ficavam limitados a um pequeno círculo restrito e fechado de especialistas. Em grego, o prefixo *ésó* significa “para dentro”, “interior” (Lalande, 1966). Por extensão, um *coletivo esotérico* é um grupo restrito de especialistas que dominam profundamente determinados assuntos, assuntos estes compreensíveis apenas por iniciados. A apropriação do termo *esoterismo* para designar ensinamentos próprios do ocultismo, que

compreende estudos e/ou práticas de artes divinatórias e de fenômenos cujas explicações por leis naturais parecem ser impraticáveis, como a astrologia, a quiromancia, a magia, a telepatia ou a levitação (*idem*), provém desse entendimento. No contexto deste ensaio o uso do termo *esotérico* não assume esta segunda interpretação, mas sim a primeira conotação.

Pode-se então dizer que uma sociedade maior é composta de inúmeros coletivos esotéricos, cada qual representando uma corporação profissional, um clube social, uma seita religiosa, um grupo de pesquisadores, uma comunidade alternativa, uma associação de classe, enfim, coletivos restritos que se agrupam em torno de interesses comuns. A este coletivo maior, representado por uma sociedade mais ampla, chama-se aqui de *coletivo exotérico*. Tal denominação também reporta-se à terminologia já empregada por filósofos da Grécia antiga. *Exotéricos* eram os ensinamentos próprios para serem transmitidos ao público em geral, dado o seu interesse generalizado e sua acessibilidade aos leigos. O prefixo *exo* tem origem na palavra grega *exóteros*, que significa “exterior” (*idem*). Por extensão, *coletivo exotérico* refere-se àquele composto pela sociedade de forma ampla, irrestrita, da qual participam cidadãos leigos em diversos assuntos *esotéricos*.

Uma metáfora bastante apropriada ao que aqui se discute e que é regularmente empregada em círculos acadêmicos é a dos *óculos coloridos*. Um indivíduo com óculos de lentes azuis enxerga tudo azulado; se as lentes forem verdes, o mundo será esverdeado. Algo semelhante pode ser imaginado para quem incorpora uma determinada maneira de compreender ou explicar a natureza. Os atomistas vêem átomos na base de tudo à sua volta – os átomos estariam tanto nas explicações sobre a constituição de um grão de areia ou de uma estrela quanto no entendimento dos mecanismos do raciocínio humano; os darwinistas interpretam mesmo as artes plásticas ou as relações sociais segundo suas concepções evolucionistas; os tecnologistas acreditam que suas produções são revestidas de valores ímpares para a sociedade; os professores de resistência dos materiais imaginam ser a sua matéria a construção mais sólida para representar a engenharia, e quem sabe até mais que isso. E no afã de confirmar suas posições, os membros de cada um destes coletivos acabam por criar mecanismos que os ratifiquem, mesmo que explicações *ad hoc* sejam necessárias para salvar as aparências. Em suma: a natureza, o mundo, a sociedade, seus múltiplos fenômenos, passam a ser observados, analisados e

valorados de acordo com a teoria da relatividade, o mecanicismo, o totalitarismo, o positivismo lógico. Tais estruturas acabam por se tornarem fortes “lentes coloridas”, com as quais passa-se a interpretar a vida, servindo de suporte conceitual para os indivíduos enfrentarem suas relações com o mundo.

Assim, para participar de um coletivo esotérico deve-se corroborar sua estrutura paradigmática e compartilhar as mesmas ideologias que lhe conferem unidade. Neste contexto, para candidatar-se a uma vaga num círculo profissional, um indivíduo deve, como condição indiscutível, assimilar o modo de operação deste coletivo, reproduzir a sua essência e subjugar-se aos seus critérios de funcionamento. Sem isso, não há como ser considerado pertencente aos seus quadros, e não se afige o direito de representar a sociedade maior naquilo que é um dos principais capitais de uma profissão: a prerrogativa de desfrutar do monopólio de tratar de determinado campo de ação humana. Isso está perfeitamente caracterizado no ensino de engenharia, conforme tratado no capítulo 2, não só em termos de paradigmas e pressupostos técnicos e científicos, mas também socioculturais.

É o que se dá com o cronista esportivo, com o repórter de televisão, com o tecnologista, com o professor-pesquisador que pleiteia introduzir uma nova disciplina no currículo do curso. Podemos lembrar dos coletivos da administração, da arqueologia, da antropologia, da geografia, cada qual com jargão e objetos próprios de trabalho, como se fossem suas posses e privilégios, e que cultuam formatos próprios de ação. Uma linguagem particularizada é um deles. Os economistas falam em “espiral inflacionária”, “mercado futuro”, “fluxo de capital”, “taxa cambial”, “debêntures”, coisas que por certo têm pouco significado para o grande público leigo, membros do exotérico, mas para os membros do coletivo esotérico específico são plenos de significados. Talvez estas linguagens próprias, ricas em significado, sejam mais que proteção e veículos de manutenção de paradigmas. Elas podem representar necessidades de “precisão” de entendimentos, para que se possa trabalhar com objetos bem delimitados e bem “comportados”. Por outro lado, estas linguagens particulares podem constituir fortes obstáculos para a aprendizagem, principalmente na engenharia, plena de terminologias tecnicizadas, muitas delas migradas de outras áreas mas assumindo conotações profundamente distintas.

Essa coerção a que os indivíduos se submetem, para fins de ratificar suas posições dentro dos grupos dos quais participam e para fortalecer a posição de seus

grupos perante os demais coletivos e mesmo dentro do coletivo exotérico, provoca um movimento de internalização cada vez maior, momento em que se acirram as posições de defesa. É como se eles se fechassem para tudo o que não converge diretamente para a comprovação de seus paradigmas dominantes. Sintomas disso estariam denunciados, por exemplo, nas duas culturas de Snow (1995), nos neo-apolíneos e nos neo-dionisíacos de Holton (1979, pp. 84-104), nos dois vizinhos que se desconhecem, referidos por Bunge (1980, p. 185), cada qual lutando por seus interesses.

Interações dos coletivos

Os coletivos esotéricos, em princípio, configuram grupos fechados, com tendências internalistas, mas cujos membros podem transitar – e o fazem com frequência crescente no meio acadêmico – entre diversos coletivos esotéricos. Um professor, membro certamente da sua comunidade acadêmica, pode pertencer aos quadros de um clube social, onde participa de suas reuniões, festas e encontros, ao mesmo tempo em que frequenta ativamente um núcleo logosófico, onde discute questões filosóficas específicas. Observando de forma ampla, ele pertence, em cada momento, a distintos coletivos esotéricos – daí a ligação que se consuma entre vários coletivos esotéricos –, mas acima de tudo faz parte do coletivo exotérico. Fica subentendido aqui que não há necessariamente íntimas ligações explícitas entre os coletivos, mas que esta vinculação às vezes se dá por interveniência, mesmo que não intencional, de membros que transitam entre um e outro, fazendo circular informações e saberes entre eles. Contudo, o trânsito dessas informações exige freqüentes exercícios de tradução ou transposição que possibilitem uma comunicação compreensível, o que constitui já uma terceira via, ou uma outra forma de assimilação/reprodução de saberes e também de crenças.

Duas visões gerais a respeito das relações entre os coletivos são demonstradas neste texto. Na primeira delas, os coletivos constituem núcleos herméticos, auto-suficientes, e só se relacionam com os demais núcleos formalmente, mas mantêm certas distâncias entre si.

Numa segunda visão, os coletivos são vistos como núcleos que estabelecem contatos periféricos entre si, mas mantêm ainda um providencial hermetismo, o que

significa não admitir ingerências alheias nas coisas técnicas que seriam suas responsabilidades, e imaginadas propriedades. Tal visão representa já uma certa abertura, ou concessão, por parte de indivíduos do mundo técnico, e só é assumida por aqueles que professam ou põem em prática discursos de interdisciplinaridade. Mesmo assim, segundo os entendimentos aqui registrados, esta visão não espelharia consonância com a práxis vigente, pois prescinde de realismo.

Fechando um pouco a linha de raciocínio, poder-se-ia imaginar também a engenharia como sendo, por sua vez, um coletivo exotérico, e os seus diversos grupos específicos de trabalho, a sua comunidade acadêmica, a sua associação profissional etc., como se fossem, cada um deles, coletivos esotéricos. E é dentro desta perspectiva que é aqui encetada uma crítica mais objetiva em relação à ação dos grupos, conforme exposto no início. Na medida em que os grupos se fecham para defender seus respectivos paradigmas e os interesses diversos que os unem (estes nascidos das relações individuais com os outros coletivos), afastam-se uns dos outros e, por via de conseqüência, do coletivo exotérico em função do qual existem, seja este exotérico entendido numa conotação mais restrita ou mais ampla, o que provoca uma situação paradoxal para uma atividade que deve sua existência exatamente ao coletivo exotérico maior (principalmente à sua sociedade).

Mesmo que um coletivo esotérico tenha sido formado para tratar de uma questão nascida em função de emergências sociais mais gerais, ao tornar-se maduro este coletivo assume ares de autonomia, e acaba por afastar-se de suas origens sociais e culturais. Faz-se referência aqui particularmente ao coletivo da engenharia. Por conseqüência, este coletivo profissional passa a criar problemas com os quais seus seguidores trabalharão, como técnicas específicas para a produção de um determinado aço, um método numérico próprio para a determinação de tensões em estruturas, um conjunto de procedimentos experimentais para a determinação do fluxo de calor numa chapa metálica. O que acontece em seguida é um esforço ingente no sentido de comprovar a eficácia de seus métodos de abordagem de problemas, inclusive em detrimento de outras abordagens amplamente aceitas.

Um novo mundo se abre diante desse coletivo, o que, numa outra interpretação sobre o relacionamento com seus objetos, significa concentrar os esforços para o aprimoramento dos instrumentos necessários para o desenvolvimento do próprio instrumento, numa acepção heideggeriana, que tende a se tornar assim a razão primeira

em torno da qual se movimenta o coletivo, rompendo suas ligações mais fortes com os fins, aqui representado pela sociedade que é a razão da sua existência, ou mantendo com ela uma relação baseada numa pretensa autoridade do conhecimento técnico.

Uma terceira interpretação. Interações substantivas

Como fazer frente às anomalias que surgem nos coletivos esotéricos? Romper com internalismos requer mais do que movimentar peças conhecidas para rearranjá-las num tabuleiro previamente demarcado. Da mesma forma, ao detectar anomalias cujas soluções parecem impossíveis de serem encontradas, pouco adianta tentar saná-las usando as mesmas ferramentas de sempre, principalmente aquelas construídas para o trato técnico dos objetos clássicos de trabalho. Nestes casos, o reconhecimento de que o paradigma vigente esgotou sua capacidade de explicação é uma sábia decisão.

Assim, buscar explicações, teorias, informações, saberes em outras fontes, em outros coletivos, pode ajudar a resolver problemas aparentemente insolúveis ou de maior significação social. Para que os indivíduos se vejam sob novas perspectivas, muitas vezes eles precisam trocar de teoria ou de ponto de vista, o que pode ser feito recorrendo a outros coletivos, onde vigem outros paradigmas, outras teorias explicativas, mesmo que para outras áreas de interesse. Aliás, essa já tem sido uma das receitas mais recorrentes nas linhas de auto-ajuda, na neurolingüística e nos textos que procuram abordar a criatividade humana.

A própria tradução intercoletivos (ou a transposição didática) que se faz necessária para compreender num contexto o que foi criado ou é usado em outro pode dar conta desta interpretação, e mesmo fazer florescer novas explicações para velhos problemas. Um exercício interessante nesse sentido é procurar entender os diversos significados que assumem determinados termos em vários coletivos distintos. Ativo, obrigação, participação, meta e rede, por exemplo, não têm os mesmos significados na economia e nos esportes.

Mas é comum que se esbarre em tabus restritivos, que impedem uma navegação livre por outras áreas. Lotear e definir áreas relevantes é um deles. É assim que filosofia e engenharia se desconhecem (Bunge, 1980, p. 185), ou que duas culturas se digladiam, como quer Snow (Postman, 1994). Mas é mister que se

pergunte: a quem compete refletir sobre a técnica? Imaginar que aos filósofos e outros pensadores cabe tal tarefa e que aos engenheiros estão reservadas apenas as ações técnicas concretas é abdicar de responsabilidades, deveres e poderes que também lhes cabem. Da mesma forma, esperar que um coletivo esotérico decida sobre as ações de outro é igualmente problemático. Em certo sentido, implica deixar-se manipular por outros coletivos. De qualquer modo, o que é peculiar na noção de coletivo esotérico é o pressuposto de superioridade nas tomadas de decisão quando envolver o que se supõe ser de sua competência exclusiva.

Na ação interdisciplinar encontra-se uma possível saída para a superação dos obstáculos decorrentes dessas separações entre os coletivos e da tendência tecnocrática que caracteriza o esoterismo profissional. Contudo, mantidas as antigas amarras com a idéia hegemônica de exclusiva competência técnica, corre-se o risco de transferir a atitude tecnocrática disciplinar para a interdisciplinar (Fourez, 1995), restringindo a participação mais ampla do coletivo exotérico nas decisões sobre o que lhe afeta. Insiste-se que a adoção da interdisciplinaridade numa perspectiva democrática não implica a eliminação das tomadas de decisão centradas em especialistas, mas sim num alargamento das relações da sociedade tecnológica, como abordado na seção 4.6, que requer uma maior compreensão dos especialistas sobre a imbricação entre os meios e os fins de sua atividade.

No prefácio ao livro de Scheps (1996), Lesgards recorre à metáfora do “grande rio da técnica”, em que estariam mergulhados os engenheiros, que nele “nadam à vontade, corrigem seu curso, e criam nas populações ribeirinhas sentimentos em que se mesclam a admiração e a inquietude”. Segundo Lesgards, nas margens desse rio, no cume das colinas, pode-se divisar “a presença estudiosa de tribos de intelectuais que, longe do tumulto das águas, fazem profissão do pensar”. A eles faltaria o “contato com a técnica em vias de elaboração”. Neste sentido, entende-se que os engenheiros, que “nadam” desenvoltos no “grande rio da técnica”, que conhecem seus meandros, sua lógica, suas ferramentas, precisam e devem também assumir a reflexão das suas ações, em conjunto com outros pensadores e com uma maior parcela da sociedade.

É aqui que entra uma nova maneira de entender a questão da interação entre os coletivos. Longe de constituírem núcleos herméticos separados, ou mesmo como células independentes que se delimitam espacialmente, entende-se que os coletivos

esotéricos se interpenetram, interpretação esta que reconhece fortes relações de compromisso entre eles.

O grande rio da técnica é, nessa acepção, apenas um dos muitos afluentes de um rio ainda maior, no qual nadamos todos nós – de todas as tendências –, o grande rio da vida em sociedade. Esse grande rio é mais que a soma de seus afluentes, porque é criadouro de vida que brota da simbiose dos diferentes elementos absorvidos dos aluviões em cada um de seus afluentes. Como os afluentes possuem o mesmo substrato, suas diferentes suspensões interagem formando as soluções substantivas do grande rio social. Este é o sentido desta terceira interpretação. Qualquer tentativa de entender ou de transformar os coletivos em células estanques agiria contra a sua própria razão de ser. O ensino de engenharia, na medida em que reconhece e assume uma tal interpretação, passa a trabalhar numa perspectiva mais condizente com a realidade social contemporânea, e que se faz necessária frente aos impasses por que tem passado.

Tornando o coletivo transparente

Contraditoriamente ao que vem ocorrendo ao nível das relações com empresas no que diz respeito à pesquisa ou à consultoria, o ensino de engenharia tem-se revelado um sistema bastante internalista, que se vê imbuído do dever de conformar a sociedade por meio de produções que considera como geradoras das condições materiais de existência.

Calcado em pressupostos históricos internalizados e que também nascem, desenvolvem-se e referendam-se dentro dos limites de suas próprias fronteiras, qualquer sistema tende ou a estagnar ou a afastar-se das origens que lhe dão sustentação e em razão das quais existem. Para fazer frente aos problemas que aparecem no seu interior, nenhum sistema pode valer-se estritamente de suas próprias ferramentas, com as quais lida no seu dia-a-dia. Se, em linhas gerais, são suficientes para resolver os problemas do cotidiano de uma profissão, as bases conceituais e filosóficas de um sistema fechado normalmente não dão conta de elucidar satisfatoriamente os impasses que surgem quando tudo o mais em volta muda. Inclusive quando o que muda em volta é fruto de produções nascidas no seu interior.

Para que se pense o ensino de engenharia na perspectiva de que ele participe de forma mais relevante das mudanças sociais que se processam, é preciso algo mais do que simples movimentações internas tendo como pano de fundo o mesmo ferramental teórico utilizado para a resolução de questões técnicas clássicas. São necessários afastamentos do próprio coletivo esotérico, para a construção de conhecimentos, saberes, teorias, abordagens em áreas distintas das tradicionais, que partilhem outros interesses – em outros coletivos esotéricos –, para que não se perca a noção essencial de pertencimento ao coletivo exotérico maior, representado por toda a sociedade.

Com o processo de tradução entre os coletivos ampliam-se as possibilidades de se enxergar o próprio coletivo, sua razão de ser, seus problemas e mazelas e, com isso, ficam também majoradas as chances de entendê-los de maneira substancialmente diferente daquela usual. A partir daí passa-se a refletir acerca de uma realidade e talvez mudar as próprias ações, o que constitui mais um passo para a concretização do que se está propondo como engenharia social e culturalmente referenciada e contextualizada.

4.3 A não-neutralidade da tecnologia e o contexto da engenharia

Dentre as abordagens que tratam das questões relacionadas ao ensino das técnicas no âmbito da formação de engenheiros, o tema da neutralidade da ciência e da tecnologia é tido quase sempre como tabu. Como já abordado no capítulo 2, é um tema derivado da imagem clássica da ciência (Bazzo, Pereira e von Linsingen, 2000), e que teria sido transferido acriticamente por intermédio das concepções instrumental e cognitiva da tecnologia, para a engenharia. Trata-se, assim, de um assunto que possui muitas implicações e que é tratado aqui na sua dimensão política.

Cabe explicitar que o termo *política* é empregado, no contexto desta reflexão, com o significado de acordos de poder e de autoridade nas associações humanas, assim como as atividades que têm lugar dentro desses acordos.

Dois pressupostos que produziram resultados bastante eficazes na área técnica são o da neutralidade e da autonomia da tecnologia e dos produtos tecnológicos.

Os temas da neutralidade e da autonomia não costumam ser trazidos à tona, mas permeiam todas as abordagens do ensino de engenharia, posto que possuem grande significação para a sua prática, e lhes serve de orientação e confirmação. Esses pressupostos parecem ser utilizados sem se levar em conta a complexidade e abrangência que possuem em termos de sua profunda imbricação social, e por essa razão são retomados aqui.

Uma questão polêmica e de difícil aceitação, mas que se considera de fundamental importância para a compreensão do nexos entre técnica e cultura, é a que trata de considerar o possível caráter político dos artefatos tecnológicos.

Se os artefatos possuem qualidades políticas, coloca-se em discussão um dos pilares do pensamento da engenharia, que considera que os artefatos são coisas em si mesmas neutras e autônomas. Não são eles, imagina-se, bons ou maus, mas eles podem ser usados para um ou outro fim, dependendo dos interesses particulares de quem os possui e os usa.

Para evitar interpretações reducionistas, essa questão é abordada aqui numa perspectiva não determinista, seja de determinismo social da tecnologia ou de determinismo tecnológico da sociedade. O assunto é focado pela ótica da identificação nos aparatos técnicos das circunstâncias sociais de sua concepção, desenvolvimento e utilização, de modo que as transformações sociais e culturais engendradas pelos processos/produtos tecnológicos assim concebidos, que alteram as sociedades e as culturas, possam ser percebidas com maior significância, constituindo-se um processo de transformações interativas que ao mesmo tempo moldam a tecnologia. Esse modo de abordar a questão almeja evitar a visão determinista tecnológica ingênua, segundo a qual a tecnologia se desenvolve unicamente como resultado de uma lógica e dinâmica internas e, então, por não se achar mediada por nenhuma outra influência, molda a sociedade para adequá-la aos seus padrões (Winner, 1985).

A politicidade²⁵ dos fatos e dos artefatos

Não há novidade alguma, e todo engenheiro deveria saber disso, que profissionalmente as condições do seu trabalho que emergem nos sistemas técnicos estão proximamente relacionadas com as condições da política. A organização dos meios de produção industrial, a guerra, as comunicações etc., mudaram e continuam alterando as relações e o exercício do poder e a experiência da cidadania. Nesse sentido, a atividade da engenharia, como em geral qualquer outra, é inseparável da política. Essa constatação aparentemente não fere as crenças e práticas históricas da engenharia e da tecnologia, e inclui o discurso técnico, aceitando-o como verdade nas tomadas de decisão das mais diversas e complexas situações, inclusive naquelas de elevado risco, que geram inquietações públicas.

Exemplos não faltam. As decisões para a construção e uso da bomba atômica e da bomba de hidrogênio são exemplos marcantes que mudaram brutalmente o rumo das civilizações ocidentais e repercutem nas estruturas de poder atuais e na distribuição de forças no planeta. As justificativas para isso e para as inúmeras outras ações que envolveram e envolvem artefatos, sistemas e processos, são normalmente sustentadas por argumentações técnicas suficientemente fortes por serem aparentemente irrefutáveis em suas “verdades”. Tais argumentações devem ser elaboradas por aqueles que, dentro das estruturas sociais (indivíduos, empresas, governo, instituições), possuem teoricamente as melhores condições, por formação, para estruturar argumentos que não podem ser refutados, pelas suas clareza e objetividade e, principalmente, pela sua neutralidade, ou seja, sua aparente disjunção em relação aos desejos e interesses humanos mais imediatos.

É notória a força que o termo “técnica” possui no discurso. Um argumento técnico é, de partida, um argumento que não pode ser atacado nos seus objetivos mais implícitos, pois exclui o sujeito da ação, sendo, desse modo, acéfalo. Isso quer significar que a elaboração do argumento técnico torna-se um exercício de neutralização do sujeito, ou a sua eliminação, tornando-o isento. A técnica passa a ter

²⁵ Esse termo é empregado aqui com a compreensão de que existe uma intrínseca relação entre técnica e poder, e que essa relação é essencialmente política. Política no sentido de acordos de poder e autoridade nas associações humanas, assim como nas atividades que têm lugar dentro desses acordos. Paulo Freire e Carlos Torres usam esse termo para indicar a imbricação entre poder e educação, posto que “a educação é fenômeno político em seu âmago” (Demo, <<http://www.nepet.ufsc.br/Artigos/Artigo19.htm>>, 1999a).

uma força sobre-humana no jogo dos interesses. Sentimentos, desejos, interesses diversos e pressões, enfim, a humanidade, sucumbem diante o poder do argumento “isento”, pois qualquer discussão sobre validade do argumento torna-se impraticável devido à incomensurabilidade dos discursos. Um porque apela para a isenção humana e o outro porque se nutre das idiosincrasias.

Pois bem: é exatamente o argumento “isento”, possuidor de toda a força política do convencimento para a tomada de decisão, que está impregnado da própria humanidade que expurga do discurso – ou seja, é forjado usando os próprios elementos que elimina, tais como a intuição, o desejo, os interesses implícitos – resultando em algo que está além do sujeito, possível de ser contraposto apenas por iniciados nas mesmas “artes”. Enfim, todo argumento técnico é essencialmente político e contempla os interesses de um coletivo, ou parcela dele, para impor-se diante de outro e/ou outros coletivos. Trata-se sempre de um embate no qual o perdedor é aquele que possui as piores condições de argumentação, ou seja, aqueles grupos com piores condições técnicas, ou que não tiveram a oportunidade de adquirir conhecimentos sobre a tecnologia hegemônica e seus usos.

Quando o argumento “técnico” não é suficientemente convincente, a tecnologia instalada, física, pode ser usada em toda a sua pujança, de forma contundente, e aí sim, é irrefutável, e irreparável.

Para justificar o argumento a favor da não-neutralidade da técnica, apresento alguns exemplos segundo dois modos de abordagem, conforme trabalhados por Winner (1985, 1987). O primeiro se refere a casos em que a invenção, projeto e concretização de um instrumento ou sistema técnico se converte em meio para alcançar um determinado fim social. O segundo identifica tecnologias inerentemente políticas, ou seja, que seriam caracterizadas por uma necessária compatibilidade com interesses sociais específicos.

O fato de os artefatos e os argumentos técnicos possuírem uso político é talvez o ponto menos polêmico da questão, uma vez que sua existência, mesmo que refutada, é aceita e identificável com relativa facilidade.

Entretanto, considerar que os artefatos técnicos possuem qualidades políticas é um assunto mais delicado. Embora artefatos, como armamentos em geral, sejam produzidos com objetivos bem definidos, possuindo em sua gênese a intenção política de poder pela força, pode-se argumentar que o objeto em si só se torna

poderoso nas mãos daqueles que os usam para fins específicos. Considerar que os artefatos encerram qualidades políticas em si mesmos aparentemente ultrapassa os limites do bom senso, e certamente os limites da própria técnica (vista de forma restrita), ou seja, parece não fazer sentido. Parece ferir os princípios da constituição da técnica, da tecnologia e da ciência nos moldes de seus entendimentos clássicos e ainda aceitos como válidos.

Uso político de artefatos

É conveniente apresentar alguns exemplos clássicos, de compreensão e aceitação mais imediata, onde os elementos que concorrem para a configuração de um sistema técnico ou de um artefato ou instrumento se convertem em meio para alcançar determinados fins sociais. Para reduzir os riscos de interpretações parciais ou equivocadas, os exemplos aqui empregados resultam de estudos de caso amplamente discutidos pela sociologia e pela filosofia da tecnologia – e tratados como exemplares nos estudos CTS –, e seguem uma sistemática que intenta apresentar primeiramente os casos mais evidentes e em seguida os de relações mais sutis.

Começo com o exemplo já histórico das pontes de Long Island, em Nova Iorque, EUA. Estudos sobre Robert Moses, famoso construtor de estradas, parques, pontes e demais obras públicas de 1920 a 1970 em Nova Iorque, permitiram evidenciar o caráter de comprometimento social de muitos de seus artefatos. No caso das pontes, as suas pequenas alturas (não mais de três metros) tinham a intenção de evitar a presença de ônibus nas praças locais de Long Island, permitindo o acesso apenas a automóveis.

Essa intenção poderia não ter maiores problemas, se as questões sociais e raciais não estivessem associadas à construção dos artefatos.

Os brancos possuidores de automóveis pertencentes às classes “alta” e “média” acomodada, como ele as chamava, seriam livres para utilizar os passeios para a recreação e o trânsito. Por outro lado, a gente pobre e os negros, que em geral estão obrigados ao transporte público, eram afastados dessas ruas porque os

ônibus de quatro metros de altura não podiam atravessar os elevados. Uma das conseqüências foi limitar o acesso das minorias raciais e dos grupos de escassos recursos a Jones Beach, o parque público de Moses, muito aclamado. Moses se assegurou duplamente desse resultado ao vetar uma proposta de extensão da ferrovia de Long Island até Jones Beach (Winner, 1987, p. 39).

É possível extrair desse relato uma outra faceta do uso político da técnica, uma vez que, para a concretização de seus objetivos, Moses teve que negociar, e sua negociação deve ter sido baseada em muitos casos em argumentação técnica, e também em acordos e manipulações mais obscuros. Winner refere-se às suas transações com prefeitos, governadores e presidentes, e à sua capacidade de manipulação de legislaturas, bancos, sindicatos de operários, imprensa e opinião pública.

Obviamente é preciso considerar que esse episódio ocorreu num dado contexto e numa determinada época, e não se configuraria dessa maneira hoje porque as relações sociais nos EUA mudaram em decorrência dos movimentos sociais e do aprimoramento das lutas de classe, para cuja organização a revelação desses episódios deve ter contribuído. De qualquer modo, a apresentação desse tipo de uso da tecnologia serve para o desenvolvimento de uma compreensão do que seja a sociedade tecnológica.

Outro exemplo bastante significativo da politicidade implicada nos artefatos, também descrita e interpretada por Winner (1985), dá conta de que a mecanização industrial norte-americana tinha outros objetivos que os de aumento da eficácia da produção. Referindo-se ao episódio de instalação de máquinas de moldar pneumáticas, uma inovação técnica em 1885, a fábrica de ceifadeiras Cyrus McCormick, de Chicago nos EUA, teve um custo de aproximadamente 500.000 dólares com um tipo de equipamento com eficácia por comprovar. Se o objetivo da mecanização é aumentar a produtividade por incremento da eficiência, a decisão deveria, pela interpretação econômica tradicional, implicar melhoria da lucratividade da empresa. Mas, segundo o historiador Robert Ozanne, citado por Winner, naquele momento Cyrus McCormick II estava envolvido numa luta contra o sindicato nacional dos metalúrgicos, de modo que é preciso analisar esse desenvolvimento em um contexto mais amplo.

Na realidade, ele via a utilização dessas novas máquinas como uma forma de “arrancar pela raiz os elementos subversivos entre seus trabalhadores”, quer dizer, os trabalhadores especializados que haviam organizado o sindicato local de Chicago (Ozanne, 1967). As novas máquinas, manipuladas por trabalhadores não especializados, realmente produziam resultados de pior qualidade a custos mais altos que os primitivos processos. Depois de três anos de utilização, as máquinas foram simplesmente eliminadas, mas então já haviam cumprido sua missão: a destruição do sindicato. Desta maneira, a história desses desenvolvimentos técnicos na fábrica McCormick não podem ser entendidas adequadamente sem se fazer referência aos intentos de organização dos trabalhadores e à política de repressão aos movimentos sindicais em Chicago durante aquele período [...]. A história da tecnologia e a política norte-americana se entrelaçam firmemente nesse caso (Winner, 1985).

Sacadura se refere ao uso do poder da autoridade técnica para fins de convencimento político da construção de artefatos e sistemas técnicos de grande envergadura, sem negociação social e, às vezes, com prejuízos econômicos e sociais elevados, como a instalação do reator nuclear SuperPhenix, na França.

A decisão foi tomada pelo governo francês em 1970, a partir de proposta dos engenheiros do CEA (Comissão da Energia Atômica) e da EDF (empresa estatal francesa de eletricidade), que conseguiram convencer os políticos de que a aposta tecnológica do desenvolvimento de reatores de nêutrons rápidos era a melhor solução para resolver de maneira durável o problema da independência energética do país (Sacadura, 1999, p. 19).

Em continuidade, este autor comenta que se tratou de uma decisão gravíssima em termos de possíveis impactos sociais e ambientais, tomada por políticos e tecnocratas, sem negociação pública e sem conscientização social quanto aos riscos dessa escolha tecnológica. A usina, iniciada em 1974, foi posta em operação em 1985. Devido a diversas longas interrupções para modificações decorrentes de problemas técnicos graves, da forte reação da opinião pública francesa e de países

européus vizinhos, e de reavaliações dos dados do contexto energético do país, a usina acabou sendo desativada em 1998.

Esse caso indica, com mais clareza, o poder político do argumento técnico. Sacadura conclui que “esse exemplo é ilustrativo do peso que os técnicos podem ter sobre decisões políticas de grande alcance e da autonomia de que podem gozar na escolha de seus objetivos de desenvolvimento, a ponto de conseguirem, por vezes, impor à sociedade soluções que – verifica-se no final – não correspondem ao interesse geral, podendo mesmo ser prejudiciais” (*idem*, p. 20). Aqui aparece, explicitamente no discurso de um pesquisador, a problemática que pode surgir da visão restrita da tecnologia, a denúncia de possíveis efeitos indesejáveis do internalismo velado da engenharia, e a necessidade de ampliação da visão de tecnologia no âmbito dos coletivos esotéricos.

Esses exemplos, de fato, não constituem novidade. Tem-se clareza que os objetos tecnológicos podem ser utilizados para diversos fins, e fatalmente para aqueles que facilitem o poder, a autoridade e os privilégios de uns sobre os outros, em todas as esferas sociais, no interior dos grupos e nas interações intergrupais de uma sociedade particular. O pressuposto no qual baseamos nossas interpretações acerca desses fatos está centrado na neutralidade dos artefatos tecnológicos, e esse fato reduz ou inibe nossa capacidade de ver, através deles, suas outras qualidades.

Winner alerta que “geralmente não paramos para pensar se um determinado invento pode ter sido projetado e construído de forma a produzir um conjunto de conseqüências lógica e temporalmente *prévias* a seus usos correntes” (Winner, 1985).

De fato, não se pode negar que os artefatos tecnológicos, como as pontes de Robert Moses, foram efetivamente utilizadas para o trânsito de veículos, nem que as máquinas tenham sido empregadas para o forjamento de metais, e isso parece ser o argumento central do desenvolvimento dessas tecnologias. Contudo, não se limitavam a esses propósitos “neutros” ou “inocentes”, mas sim a propósitos distintos de seus usos imediatos. No caso da usina nuclear francesa, embora não fique clara a destinação política do artefato (como superioridade política para fins eleitorais, ou para firmar posição no contexto do poder na Europa, por exemplo), deve-se considerar outros aspectos relacionados à não-neutralidade dos artefatos, sob o

prisma da intencionalidade da argumentação técnica, e do poder político que ela pode dotar os tecnólogos.

Este autor conclui que, “se a linguagem política e moral com a qual avaliamos as tecnologias só incluem categorias relacionadas com as ferramentas e seus usos; se não presta atenção ao significado dos projetos e planos de nossos artefatos, então estaremos cegos frente a grande parte do que é importante desde o ponto de vista intelectual e prático” (*idem*).

É conveniente lembrar que os exemplos aqui expostos se referem a situações extremas com o objetivo de chamar a atenção para a intencionalidade política dos artefatos e dos argumentos técnicos, e que é possível identificar muitas dessas ações em um sem número de situações cada vez mais aparentes em todos os âmbitos e sob diferentes matizes da sociedade. Mas há de se considerar também outras situações, nas quais o desenvolvimento de artefatos tecnológicos é consequência de pressões sociais. Por exemplo, o movimento de organizações de deficientes físicos pelo direito à mobilidade provocou alterações, ou forçou a introdução de considerações de projeto que antes sequer eram imaginadas pelos projetistas e construtores de máquinas, edifícios, transporte coletivo e vias públicas. Essas considerações, apenas tímidas no Brasil, foram inicialmente importadas, conferindo um certo poder de negociação por parte dessa minoria social antes apenas discriminada e mesmo desconhecida pelos tecnólogos brasileiros.

Artefatos aparentemente mais simples e definitivamente integrados à vida cotidiana podem estar impregnados de interesses políticos e sociais muito mais amplos do que se pode imaginar numa primeira olhada. Em um artigo intitulado “Absorção social de um produto técnico: o caso das garrafas plásticas”²⁶, foram introduzidas algumas reflexões sobre esse artefato, partindo da visão socialmente comprometida e dependente dos objetos técnicos, buscando entender como produtos funcionalmente predeterminados, como as garrafas plásticas, são absorvidos pela sociedade, modificando-a e sendo por ela modificado. As reinterpretações de produtos são encaradas como apropriações estratificadas dos resultados da sociedade tecnológica. Trata-se de contextualizar os produtos técnicos dentro de um enfoque mais amplo, que vá além das questões tradicionalmente consideradas nesta

²⁶ PEREIRA, Luiz T. V.; von LINSINGEN, Irlan. Artigo publicado no COBENGE 98 (XXVI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia), 1998.

área, normalmente restritas aos seus aspectos instrumentais e cognitivos. A relação do assunto com o ensino é inferida do entendimento de que as apropriações da profissão são modificadas de uma geração para outra via processo educativo, e que uma abertura de ação dos engenheiros será conseqüência, em grande parte, de uma abertura do seu ensino.

Percebe-se no Brasil uma certa resistência à introdução de alterações técnicas em alguns produtos, para atendimento de determinadas reivindicações sociais, talvez por decorrência de uma tensão entre o desenvolvimento de produtos e fatores econômicos, posto que isso significa considerar aspectos, às vezes de monta, tanto no projeto quanto na construção de artefatos específicos. No entanto, uma vez incorporada como necessidade, ou melhor dito, uma vez assumida conscientemente, a alteração passa a fazer parte do elenco de critérios de projeto e “naturaliza-se”. Transforma-se em valor técnico. O importante é que a incorporação desses pequenos detalhes não técnicos aos projetos (ou sua tradução como critério técnico) pode promover a inclusão social de milhares de pessoas. Ao contrário dos casos mais contundentes apresentados anteriormente, o projeto de artefatos inadequados para deficientes é muito mais produto de negligências gerais do que da intencionalidade particular de pessoas ou grupos.

Muitos dos artefatos e sistemas técnicos, desenvolvidos com o auxílio de pesquisadores de universidades e de instituições de pesquisa, ultrapassam em muito as intenções de seus idealizadores. Tratados de modo ingênuo, centrados no pressuposto de um progresso linear que enxerga a tecnologia (em sua acepção restrita, instrumental ou cognitiva) como mola propulsora de bem-estar social, estes artefatos não costumam ser analisados sob uma perspectiva sociotécnica mais ampla, embora efetivamente produzam conseqüências políticas que ultrapassam a capacidade de percepção de seus protagonistas.

Mais raro, entretanto, é projetar sem a intencionalidade econômica, posto que esta já está devidamente “naturalizada” na técnica, e não por acaso. Ela está a tal ponto implicada na técnica que sequer percebemos a sua presença norteadora na estrutura dos modelos matemáticos com os quais trabalhamos diuturnamente. No entanto, quando alertados logo percebemos a sua presença, estabelecemos pontes relacionais e a aceitamos como necessária e, mais que isso, não conseguimos (ou não queremos) imaginar a engenharia sem esse pressuposto. Talvez por isso não

tenhamos muito problema em admitir um certo determinismo econômico na atividade tecnológica. É fator tão importante que a análise econômica é tratada como uma das variáveis (talvez a mais significativa) de projeto, possuindo estrutura disciplinar própria.

Esse aspecto particular da interação econômico-tecnológica merece uma análise mais ampla, uma vez que considerações de caráter socioeconômico mais abrangentes podem auxiliar a compreensão e a mudança de postura em relação ao fenômeno tecnológico e seus produtos, que se estende ao ensino tecnológico em geral, e de engenharia em particular.

Aceitar a existência dessa “naturalização” do critério econômico na constituição do conhecimento técnico, implica abrir a perspectiva de “naturalizar” também outros critérios e valores, e, portanto, tomar posição quanto a escolhas a serem realizadas para a modelagem dos sistemas técnicos. A título de exemplo, critérios de segurança veicular – hoje tidos como fundamentais – que foram também “naturalizados” como decorrência de incertezas intrínsecas ao conhecimento e pelo esforço e exposição pessoal de um engenheiro norte-americano na década de 1950, convivem em permanente confronto com o critério econômico, posto que a implementação daqueles critérios implica custos adicionais, tanto de pesquisa quanto material.

A agricultura é um desses casos em que o considerável aumento de produtividade provocado pelo desenvolvimento de máquinas automáticas e de espécies agrícolas mais resistentes provoca problemas sociais sérios, não só de desemprego no campo, de êxodo rural e aumento das tensões sociais nas cidades, como dúvidas – e as angústias decorrentes – acerca dos efeitos provocados pelos alimentos geneticamente modificados e pelos defensivos agrícolas. Há de se perguntar se os tecnólogos, co-responsáveis por esse tipo de progresso técnico, não deveriam ser igualmente co-responsabilizados por suas conseqüências sociais. Certamente os engenheiros não teriam a intenção de provocar o surgimento de problemas sociais ao projetar esses sofisticados equipamentos, empregando conhecimentos cada vez mais especializados. Entretanto, seus efeitos se fazem sentir, e a questão que suscita é se devemos continuar vendo de forma descontextualizada, e fragmentária, uma atividade que ajuda a provocar impactos sociais de tamanha abrangência.

Como afirma Winner, “a plataforma tecnológica foi preparada de antemão para favorecer certos interesses sociais” (Winner, 1987), e isso certamente constitui um obstáculo para a perspectiva de ampliação da visão das técnicas, na medida que essa ampliação implica também reavaliar, e transformar, aspectos constitutivos dessa plataforma.

Não se pode dizer que o desenvolvimento de máquinas e métodos de agricultura de alta produtividade – como em geral nas outras atividades – seja o resultado de uma conspiração deliberada por parte de seus protagonistas. Mas Winner considera que “o processo social progressivo no qual o conhecimento, a invenção tecnológica e o benefício corporativo se fortalecem um ao outro formando padrões profundamente arraigados, constituem padrões que levam a inconfundível marca do poder político e econômico” (*Op. Cit.*)

Artefatos políticos por excelência

É tratado aqui, de forma breve, de tecnologias que possuem em sua gênese a qualidade política definidora da forma e função do artefato, bem como das escolhas técnicas que são realizadas.

Existem basicamente duas linhas de argumentação sobre essa problemática. Uma que sustenta que a adoção de um determinado sistema técnico *requer* a criação e manutenção de um conjunto particular de condições como ambiente para o funcionamento de dito sistema, e outra que sustenta que certo tipo de tecnologia é *compatível com*, porém não *requer* em sentido estrito, relações sociais e políticas de certo estilo (Winner, 1985).

Para o primeiro caso, considera-se que a construção de sistemas técnicos só se torna factível se existirem meios sociais que permitam sua implementação. A construção e operação de uma central nuclear, segundo essa concepção, só é factível se acompanhada de um grupo de técnicos, cientistas, industriais e militares estruturado para esse fim, ou seja, alguns tipos de tecnologia requerem que os meios sociais possuam certos atributos especialmente estruturados para aquele fim.

O artefato só pode chegar a existir como tal caso se cumpram as condições sociais e materiais especificamente preparadas para aquele artefato. Este autor

considera que esse conjunto de “condições requeridas” possui um caráter de necessidade prática, mais do que lógica.

O sistema industrial-militar reúne todos os elementos do que aqui é tratado. A bomba atômica é, sem dúvida, o exemplo mais contundente de artefato inerentemente político. Para começar, possuí-la, ou possuir a capacidade de construí-la, altera substancialmente a relação de forças no planeta, conferindo certas regalias a seus possuidores no que concerne ao direito de se posicionar no mundo. Mas a sua existência física e suas propriedades letais exigem que seja controlada de forma centralizada dentro de uma cadeia de comando altamente hierarquizada e fechada a todo tipo de influências que possam implicar perda de controle.

A aviação militar, como de forma geral todo o aparato industrial-militar, é outra forma de tecnologia política. A maioria das impressionantes sofisticações dos sistemas técnicos desses artefatos e sistemas bélicos, fruto de investimentos altíssimos, financeiros e humanos, justificando muitas das estruturas de pesquisa existentes, implica a adoção de desenvolvimento técnico de determinado tipo e com rumos institucionais definidos para a pesquisa científica e tecnológica de alguns países.

Mais adiante, por imperativos econômicos e interesses diversos, alguns dos desenvolvimentos tecnocientíficos realizados no âmbito industrial-militar exclusivo podem ser liberados para conhecimento e uso civis.

A engenharia genética também dá mostras dos interesses particulares que sustentam as suas pesquisas, na medida que seus resultados são orientados para a manipulação genética das espécies vivas, visando sua utilização comercial e o conseqüente aumento da dependência econômica. O economista Jeremy Rifkin tem alertado para os graves riscos sociais da tecnologia de manipulação genética.

Os alimentos transgênicos dão mostras do potencial político inerente a essa tecnologia. A razão técnica parece ser utilitarista, ou seja, maior produtividade, durabilidade e menor influência de pragas para reduzir a possibilidade de falta de alimentos no futuro. Seus efeitos não são suficientemente conhecidos para a sua aceitação ou rejeição, mas o fato é que os detentores dos códigos genéticos podem produzir variedades não apenas patenteáveis, mas que não possam ser reproduzidas sem sua permissão ou pagamento. Essas espécies poderiam vir a substituir os seus equivalentes naturais? Se isto for possível, e parece que é, então estaríamos diante

de uma tecnologia inerentemente política e potencialmente perigosa, já que favoreceria o aumento das diferenças de poder no planeta, com nítida tendência de concentração nos países ricos, ou em algumas estruturas de poder supra-estatais. As resistências oferecidas a esse tipo de tecnologia são decorrentes tanto da ignorância e de crenças diversas (talvez fundadas), quanto do conhecimento dos riscos potenciais (técnicos e não-técnicos) por parte de especialistas que têm se posicionado publicamente.

A questão econômica está claramente colocada. Rifkin, em entrevista a uma emissora de televisão²⁷, alerta para uma questão econômica brasileira associada à soja transgênica. Para ele, o Brasil, como um dos maiores produtores mundiais de soja, corre o risco de perder seu maior mercado, a Europa, se for convencido pelas empresas, como a Monsanto, a trocar seu cultivo de soja natural pelo cultivo de soja transgênica, posto que a Europa tem se colocado frontalmente contra a entrada de transgênicos no seu mercado.

A questão ética associada à engenharia genética é também um tema recorrente para essa nova atividade.

Em qualquer caso, a questão fundamental é que a atividade da engenharia genética parece indicar com clareza o caráter sociopolítico dessa tecnologia. Esse tipo de conhecimento pode conferir um poder inigualável a quem detém os seus códigos. A corrida genética não parece associada apenas aos ideais de redenção da humanidade pelo auto-conhecimento, ou ao de uma panacéia para os males e deficiências dos seres vivos, ou ainda ao de purificação da raça humana. No seu “código genético” está a marca da política e das relações de mercado. O financiamento da pesquisa genética e os resultados divulgados sugerem que o tipo de tecnologia a ser seguida e os artefatos daí resultantes possuem qualidades que não os diferenciam de qualquer outro artefato tecnológico, a não ser o seu grande poder de controle social, talvez até maior que o do conhecimento da tecnologia nuclear.

Há de se considerar que a decisão para o uso de certas tecnologias, como a da energia nuclear como fonte de energia elétrica para um país implica, entre outras coisas, a criação de uma estrutura altamente centralizada e hierárquica que seja

²⁷ Entrevista concedida a Paulo Puntual e reproduzida através da GloboNews no dia 16 de abril de 2001.

capaz de gerir um bem tão precioso e perigoso. Poder-se-ia pensar o mesmo da tecnologia genética. De acordo com González García, Cerezo e Luján “supõe reforçar determinada concepção antidemocrática sobre a estrutura e distribuição do poder” (González García, Cerezo e Luján, 1996, p. 132). Nesse sentido, a adoção de determinada tecnologia implica muito mais do que os seus supostos bons resultados. Implica ter que discutir e decidir a ingerência do artefato tecnológico no modo de vida da sociedade. Implica também considerar seus impactos mais amplos. Impactos que o conhecimento técnico, tal como compreendido e praticado atualmente, considera apenas de forma parcelar.

Outra história do caráter inerentemente político da tecnologia, já identificada no capítulo 2 no que concerne à distribuição dos espaços escolares, é igualmente identificada nos cárceres, nos hospitais e nas oficinas do século 18 (e que ainda persistem mesmo que de forma velada), os quais seguiam o critério comum de projeto que era o de gerar uma determinada disciplina, um método de controle minucioso das operações do corpo que garantisse uma sujeição constante das forças, de tal modo a permitir que o olho vigilante do mestre, do guarda, do capataz ou do médico, controlasse atento qualquer movimento que não fosse de docilidade e utilidade (Foucault, 1993).

Para o caso das tecnologias compatíveis com certas formas de poder político, cabe salientar a existência de artefatos que podem ser considerados como fundamentalmente impregnados de política, a ponto de que tais qualidades tornam-se definidoras da forma do artefato e das relações sociais que se estabelecem em presença dele. Incluem-se aqui as tecnologias “alternativas”, como a captação e utilização da energia solar, das marés, e eólica, ou o desenvolvimento da tecnologia de transporte coletivo rodoviário e ferroviário. Logicamente, sob o ponto de vista técnico, o transporte individual parece não fazer muito sentido. No entanto, não é o critério técnico restrito que o define. Pode-se dizer que o transporte coletivo seria mais compatível com uma sociedade mais comprometida com os sócio-eco-sistemas tecnológicos. Isso implicaria uma determinada forma de organização, em certo sentido completamente diversa da atualmente existente, e isso certamente implicaria uma visão técnica distinta, e com desdobramentos técnicos diferenciados. Para essa nova perspectiva, certas visões e interesses técnicos poderiam simplesmente não existir e essa ausência não seria percebida.

4.4 A tecnologia como rede de relações

O caráter sociopolítico mais amplo da tecnologia é reforçado pela abordagem das implicações abrangentes da tecnologia entendida como associação em rede, conforme já apresentado nos capítulos 2 e 3. Por esse enfoque a tecnologia é vista como uma rede de relações para a qual concorrem os diferentes aspectos da vida em sociedade. A tecnologia – e a mudança tecnológica – é, desse modo, interpretada em sua dimensão mais ampla, envolvendo os vários campos da atividade humana, incluindo o técnico, o científico, o econômico, o político, o militar e o organizacional que se associam em redes para a construção e operação de artefatos tecnológicos.

Thomas Hughes, analisando as mudanças de configuração dos sistemas de potência elétrica em sociedades ocidentais no período de 1880 a 1930 (USA, Alemanha e Inglaterra), viu-se envolvido com aspectos que não seriam explicáveis ou logicamente aceitáveis sob o ponto de vista exclusivamente técnico, o que o levou a considerar que os sistemas de potência são artefatos culturais (Hughes, 1983, p. 2). Para ele, os sistemas de potência elétrica incorporam os recursos físicos, intelectuais e simbólicos da sociedade que os constrói. Em cada sociedade e em momentos históricos distintos, esses sistemas

envolvem certos componentes técnicos básicos e conexões, mas variações no essencial básico revelam freqüentemente variações em recursos, tradições, arranjos políticos e práticas econômicas de uma sociedade para outra e de um tempo para outro. Nesse sentido, sistemas de potência elétrica, como muitas outras tecnologias, são ambos causa e efeito de mudança social (*idem*).

Desse modo, ao considerar os fatores “externos” contextuais que moldam a tecnologia e a dinâmica interna da tecnologia, Huhges aponta principalmente para as relações essenciais que se estabelecem entre tecnologia e sociedade.

Essa imagem da profunda imbricação entre técnica e sociedade pode também ser inferida dos entendimentos do antropólogo Leroi-Gourham, de que a inovação técnica (ou tecnológica) interna e a absorção de técnicas de outros grupos sociais dependem de elementos já disponíveis no meio ambiente técnico interno. A leitura

feita nesta tese é que, se não há condições gerais sociais e culturais internas para a absorção de novidades técnicas, elas não se estabelecem como tais, não se desenvolvem ou são reinterpretadas, como já foi exemplificado neste ensaio e em trabalhos como o de Pacey (1990), Bijker (1997), e também pode ser colhida das considerações de Petitat (1994). Isto permite especular sobre novos modos de se conceber a coisa técnica, com elementos presentes no ambiente técnico interno mas apenas em estado latente, ou subsumido.

Neste sentido, as usinas nucleares e os sistemas de exploração de petróleo, como de modo geral todos os produtos da atividade tecnológica que envolvem diferentes atores, podem ser entendidos como artefatos tecnológicos para os quais concorrem todos esses aspectos que, associados aos anteriormente considerados, compõem os sociossistemas tecnológicos. A aceitação, rejeição ou reabsorção/reinterpretação desses artefatos estaria relacionada à predisposição sociocultural dessa ou daquela sociedade. Este sentido para as interações sociotécnicas altera significativamente a imagem determinista da tecnologia, principalmente no que concerne à definição do tipo e envolvimento dos produtos tecnológicos.

A abordagem dessas relações essenciais é substantiva para o entendimento aqui expresso de que o determinismo tecnológico não se sustenta quando se analisam as interações complexas da tecnologia, o que certamente deve contribuir para uma mudança conceitual do ensino tecnológico, uma vez que a mudança de enfoque, ao alterar os critérios de abordagem, muda o sentido do que é socialmente relevante na técnica para as sociedades particulares. Cruzando este entendimento com o de Dagnino, salienta-se a necessidade de se buscar superar certas imagens que norteiam a atividade científico-tecnológica acadêmica, precisando um pouco mais a inserção dessa práxis no campo da política de C&T para o Brasil. Ressalta-se assim o argumento da necessidade de se buscar explicitar no ensino das técnicas os critérios de relevância para a atividade em termos de uma maior inserção social, mas insiste-se que esta ação torna-se mais efetiva se acompanhada de um esforço íntimo de superação dos obstáculos socioepistêmicos associados aos pressupostos legitimadores da atividade. São ações simultâneas.

Tais considerações do caráter sociocultural da tecnologia justificam inferir que ao se tratar da educação tecnológica e do ensino de engenharia, há que se levar em

conta os aspectos gerais e específicos que a conformam no âmbito das suas interações substantivas (ver 4.2) internas e nas suas relações exógenas, o que implica incluir questões do país e da América Latina, que comunga problemas comuns e, fundamentalmente, a consciência da condição de pertencimento ao bloco dos países “em desenvolvimento”.

Em termos da política de Ciência e Tecnologia para a América Latina, pode-se inferir que o sentido dado acima para a atividade tecnológica mantém, em termos mais gerais, uma certa relação com compromissos endógenos – não exclusivos – e, nessa acepção, converge para o que Dagnino e Vaccarezza, entre outros importantes autores latino-americanos (Dagnino; Vaccarezza; *In: Santos et alii*, 2002), consideram como necessidade em termos de definição e implementação de uma política de ciência e tecnologia relevante para os países da região. A importância desse direcionamento emerge particularmente nas contribuições de Dagnino sobre as bases em que se estrutura a lógica da dependência científico-tecnológica conforme abordado no capítulo 3 (ver 3.9), que aqui é enfocada na atividade universitária, seja de ensino, pesquisa ou extensão.

Por isso, o entendimento da tecnologia como rede de relações, aqui registrado, é considerado nesta tese – juntamente com as visões de prática tecnológica de Pacey, de sistema técnico, de sistema sociotécnico – como a que permite uma leitura mais abrangente das imbricações entre a tecnologia e a sociedade, mostrando claramente a inconsistência dos pressupostos determinista da tecnologia e do modelo linear de desenvolvimento, do mesmo modo que mostra as limitações conferidas pelas suas imagens instrumental e cognitiva, uma vez que evidencia as diferenças de apropriação de conhecimentos tidos como universais por diferentes sociedades e em nome de interesses diferenciados.

Pelas mesmas razões, a imagem da tecnologia como rede de relações é vista aqui como a que permite explorar de forma mais ampla a compreensão das interações da atividade da engenharia e do seu ensino com a sociedade, entendida esta como uma das muitas atividades que compõem a referida rede.

Percebendo uma forte relação ou, quem sabe, uma consequência dessa abordagem das interações entre tecnologia e sociedade, seguindo uma tendência atual da compreensão das interações CTS, é quiçá ainda mais adequado considerar os sócio-eco-sistemas tecnológicos para a ampliação da compreensão da atividade

da engenharia, na medida que ao incorporar a dimensão ambiental, reforça-se ainda mais a dimensão social do sistema coexistindo com o meio ambiente. Desse modo considera-se (Wynne, 1983; Schienstock, 1994) os sistemas tecnológicos desde a perspectiva que enfatiza os aspectos sociais sobre os técnicos, a ponto de caracterizar as tecnologias como *formas de organização social*. A tecnologia seria, segundo esse enfoque, “um complexo interativo de formas de organização social, que implicam de forma característica a produção e uso de artefatos, assim como a gestão de recursos” (Osório, 2002, p. 11)²⁸.

Enfatiza-se que nesse enfoque sistêmico entende-se a tecnologia como não dependente exclusivamente da ciência ou representada pelo conjunto dos artefatos, mas como produto de um conjunto complexo do qual formam parte os materiais, os artefatos e a energia, assim como os agentes que a transformam (Quintanilla, 2001) e, desde esta perspectiva, o “fator fundamental do desenvolvimento tecnológico seria a inovação social e cultural, a qual envolve não somente as tradicionais referências ao mercado, mas também aos aspectos organizativos e o âmbito dos valores e da cultura” (Osório, 2002, p. 7).

Como se pode notar, uma das questões mais importantes dessa definição de sócio-eco-sistema tecnológico é o papel dos aspectos valorativos e de caráter social no tratamento da definição das políticas científico-tecnológicas e de intervenção ambiental. A esse respeito, Wynne (1983) propõe incluir a participação do coletivo exotérico, especialmente os atores possivelmente envolvidos (usuários), ampliando a forma tradicional centrada apenas nos especialistas e gestores do processo de pesquisa e desenvolvimento (Wynne, *apud* González García, Cerezo e Luján, 1996).

Nesse sentido pode-se estabelecer uma relação com as teses que sustentam o tratamento diferenciado e interdisciplinar das questões do desenvolvimento para a América Latina, defendidas já desde o início da década de 1970 por pensadores sociais, ideólogos e economistas importantes (contemporâneos do movimento CTS internacional) como Amilcar Herrera (1971), Jorge Sábato (1975; 1982), Óscar Varsavsky (1969; 1971) e José Leite Lopes (1978), entre outros citados por Vaccarezza, que segue atualmente com Dagnino, Thomas e Davyt (1996; 1998).

Como comenta Vaccarezza, apesar do pensamento latino-americano ter-se em certa medida orientado por visões mecanicistas e por isso talvez ter “esquecido de

²⁸ <http://www.campus-oei.org/revistactsi/numero2/osorio.htm>

indagar sobre os interesses, hábitos e sentidos dos atores sociais reais em reações mútuas (pesquisadores, empresários, trabalhadores, burocratas, empresas transnacionais etc.)” (Vaccarezza, 2002, p. 56), o fato é que o julgamento sobre políticas de ciência e tecnologia foi construído como um pensamento coerente, já que,

contando com as diferenças existentes entre seus distintos cultores, destacou o caráter social e estrutural da ciência e da tecnologia e, portanto, das políticas específicas. Em segundo lugar, constitui-se como um pensamento legitimamente autônomo da região, refutando a transferência acrítica e descontextualizada de idéias, marcos conceituais, crenças, formatos institucionais e costumes administrativos dos países centrais para os periféricos (*idem*).

Trata-se, nesse caso, de pensar o desenvolvimento tecnológico, ou se quisermos de forma mais ampla o desenvolvimento sustentável, também sob a ótica das necessidades e interesses sociais internos, que seja compatível com as capacidades de absorção interna de tecnologias forâneas, mas também de desenvolvimento de tecnologias próprias – já existentes ou por construir – o que pode ser visto com reservas pela academia, posto que supostamente poderiam prescindir de sofisticação e de realismo, e pressupõe mudanças conceituais como as que são apontadas nesta tese.

Conseqüências para o ensino de engenharia e para a atividade profissional

Se o argumento que alega serem os artefatos técnicos, coisas em si mesmas neutras e universais não pode ser mais sustentado como verdade completa, e a neutralidade da técnica e da tecnologia não pode mais ser justificada, há de se pensar que o ensino das técnicas tenha que considerar outros constituintes (não técnicos) presentes nela, explicitamente.

A modelagem do conhecimento técnico ensinado nas escolas de engenharia deveria incluir, por coerência política e lógica à visão de completude do conhecimento, as suas configurações históricas, as transformações sociais que

engendraram, as suas limitações, as razões de suas formas atuais, os riscos inerentes às decisões sobre as escolhas técnicas, não apenas como conhecimentos disciplinares destacados, mas como elementos do conhecimento técnico estabelecido, de forma sistematizada. Desse modo, o conhecimento técnico pode se realimentar continuamente da interpretação da realidade social (global e local) que ajuda a construir e modificar, modificando-o e nutrindo-o de sua essencialidade sociocultural.

A novidade dessa postura educacional reside fundamentalmente na explicitação da prática docente existente, que o professor realiza através das escolhas pessoais quando da preparação didática da disciplina, e também através de suas atitudes em sala de aula e fora dela, momentos em que emergem seus valores e interesses sociais e culturais que defende e reproduz.

A exploração sistematizada dessas relações complexas do conhecimento torna consciente o processo de educação tecnológica, aumentando a sua significação social e ampliando a sua importância como instrumento da cidadania e da humanização das técnicas. A pretensão é a ampliação do conhecimento técnico, visando uma maior sincronia da técnica com os interesses mais amplos das sociedades, que seja capaz de minimizar os efeitos de uma formação técnica e social que costuma favorecer a atitude tecnocrática (no caso dos países periféricos também uma atitude dependente e em certo sentido submissa), ampliando a capacidade de negociação dos engenheiros e tornando a atividade da engenharia um processo mais democrático. Conseqüências desse tipo de postura tecnológica podem ser vislumbradas.

Evidencia-se através dessas constatações que o professor de engenharia precisa ter claro que a dimensão tecnológica das técnicas que ensina não está restrita ao contexto do conhecimento tecnocientífico de feitiço tradicional, está impregnada de valorações e produz interferências fora de seu domínio de conhecimento mais imediato, ou seja, no âmbito do coletivo exotérico maior.

Embora sua especialidade seja técnica, os elementos que concorrem para ela não o são, de modo que a tradução desse conhecimento técnico é normalmente realizada com base em preceitos socioculturais e dentro de limitações estritamente contextuais de cada sociedade. Como as sociedades possuem uma dinâmica própria, a técnica deveria prestar mais atenção a essas transformações e tendências, não

apenas para adaptar-se a certas exigências parcelares, mas para participar efetivamente do processo de transformação social, com contribuições amplamente negociadas, e não com as imposições autoritárias que lhes têm sido a marca distintiva.

4.5 Transposição didática no ensino de engenharia

Começa a tornar-se claro, hoje, que os métodos tradicionais de ensino na engenharia parecem estar se esgotando como modelos adequados de formação de profissionais para a dinâmica tecnológica e a diversidade das relações a que estão submetidos todos os profissionais da engenharia. De fato, tais métodos nunca foram satisfatoriamente analisados, mas apenas assumidos como modelos de ensino a serem seguidos, acriticamente. Essa prática pedagógica hegemônica nas escolas de engenharia está calcada num conjunto de pressupostos, destacando-se os que estão sendo aqui abordados como balizadores dessas práticas, e que se inserem numa rede complexa de interesses e pressões diversas, fruto de um processo de construção histórica.

Como processo histórico, a reprodução de práticas pedagógicas na engenharia, ao mesmo tempo que opera uma certa regulação, constitui um obstáculo ao próprio processo de compreensão da prática tecnológica (Pacey) e de sua transformação. Daí que a análise crítica dessa prática, no ensino de engenharia, constitui uma necessidade para o (e faz parte do) processo de mudança tecnológica que seja consistente com o seu momento histórico.

Por outro lado, pensar o ensino como processo social (Bazzo, 1998; González García, Cerezo e Luján, 1996) implica, subjacente a qualquer processo de inovação instrumental da prática pedagógica, buscar compreender aqueles pressupostos à luz das suas especificidades e implicações nas diversas esferas da cultura.

A preocupação com a inadequação dos métodos tradicionais de ensino pode ser constatada em muitos artigos que têm sido apresentados em congressos de ensino no Brasil. Entretanto, os esforços que têm sido empreendidos para melhoria da qualidade de ensino estão baseados em dois pilares principais. O mais sedimentado deles, e com implicações bastante complexas, é centrado na idéia de

que a pesquisa universitária fornece a base qualitativa para o ensino. O mais recente, que está a merecer uma análise mais aprofundada, opera a implementação de novas tecnologias educacionais e midiáticas para o ensino universitário.

Este último tem sido tratado, com algumas poucas e pertinentes exceções, praticamente apenas na sua dimensão instrumental, sem uma necessária análise de seus efeitos quanto à constituição mesma do conhecimento e à crítica do próprio processo de construção contextualizada deste. Isto significa, simplesmente, atualizar os instrumentos de manutenção da prática hegemônica de ensino tecnológico num mundo em que as transformações são não apenas contextuais, mas também estruturais e que, para as correntes de pensamento sociológicas pós-modernas, configura-se como um processo de transformação paradigmática (Santos, 1989).

Técnicas, artefatos, tecnologias e sistemas técnicos – como abordado no capítulo 3 – que fazem parte da cultura do engenheiro e da sua formação não são produções exclusivas das instituições que os formam e nem tampouco constituem conhecimentos autônomos e neutros pela sua própria natureza constitutiva, de modo que o ensino de engenharia não pode prescindir da reflexão de suas especificidades, posto que estas envolvem muito mais do que os conhecimentos que temos admitido tacitamente como estritamente técnicos (aqui com o sentido de conhecimentos neutros).

Não é mais possível ignorar que muitos efeitos da prática tecnológica têm provocado controvérsias sociais, e têm justificado muitas das ações de resistência levadas a cabo por diversos setores da sociedade organizada. Isto tem afetado, pelo menos implicitamente, a prática pedagógica e, também, a responsabilidade dos educadores em relação ao objeto de sua prática, o ensino de engenharia.

Uma questão que se apresenta para os professores de engenharia, é onde a dimensão social e suas intrincadas relações se explicitam no ensino das técnicas. Outra questão é o que se ensina efetivamente e como isto é feito. E ainda, como os alunos internalizam aquilo que se imagina (e o que não se imagina) que deva ser aprendido. Para tratar essa dimensão do ensino de engenharia, emprega-se aqui o conceito de *transposição didática* e a modelização do ensino realizada pelo professor de engenharia, categorias que podem auxiliar para uma maior compreensão da prática de ensino e do conteúdo “real” ensinado, incluídos aspectos que não são explicitados no tratamento do objeto de conhecimento técnico.

Para analisar diferentes aspectos da transposição didática, particularmente no que concerne à “preparação” didática na qual o objeto de ensino é modelado pelo professor, ou seja, como um determinado conteúdo disciplinar (um objeto de ensino) pode ser estruturado didaticamente de maneiras diferentes dependendo do modo de ver do professor, utiliza-se como referência elementos conceituais do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS, e da visão epistemológica dominante no ensino de engenharia, o empiricismo.

Ao tratar o assunto sob esse enfoque – simultaneamente ao tratamento interdisciplinar –, busca-se contribuir para uma maior compreensão do que fazemos como professores de engenharia através da explicitação de como são constituídos afinal os objetos da engenharia, objetivando o desenvolvimento de uma prática de ensino transformadora.

Uma compreensão de transposição didática

Dentre os diversos conceitos oriundos de pesquisas de ensino de ciências, tais como o de “representação” ou “concepção dos alunos”, as noções de “objetivo–obstáculo”, “contrato didático”, “trama conceitual”, utiliza-se aqui o de “transposição didática”, termo introduzido em 1975 pelo sociólogo Michel Verret e discutido por Yves Chevallard em 1985 e, mais recentemente, por Jean-Pierre Astolfi e Michel Develay (1989).

É empregado, como referência, o conceito de “transposição didática” por entender que ele pode oferecer alguns *insights* para a compreensão da natureza dos conhecimentos científicos e tecnológicos ensinados nas escolas de engenharia e expressos nos programas e nos livros didáticos, bem como nos materiais em geral que são tratados como didáticos pelos professores e na própria “preparação didática” conduzida pelos professores.

Chevallard (1985) conceitua “transposição didática”, em ensino de ciências, como a atividade de se construir um objeto de ensino a partir de um objeto de conhecimento, ou seja, fazer com que um objeto de saber produzido por um cientista seja transformado em objeto de saber escolar.

A definição do conteúdo disciplinar implica, entre outras coisas, procurar

transformar um objeto de conhecimento (um sistema técnico, uma tecnologia, um artefato tecnológico, uma técnica, um conhecimento científico) em objeto de ensino, posto que aqueles conhecimentos não poderiam ser ensinados em seu “estado puro”, ou seja, do modo como foram concebidos e divulgados entre os pares (pesquisadores, cientistas, professores pesquisadores).

Considerando que o conhecimento não é um produto pronto mas uma construção, o autor descreve a trajetória da sua transformação em três patamares que constituem tipos de saber: o “saber sábio” (aquele de que são detentores e produtores permanentes os pesquisadores universitários e não-universitários, os cientistas e outros); o “saber a ensinar” (aquilo que está expresso nos programas, livros e materiais didáticos em geral); e o “saber ensinado” (aquele que acontece no processo de ensino). A este último compreende tanto o modo como o professor transforma o “saber a ensinar” em estrutura didática (seus modelos pessoais de ensino) quanto o modo segundo o qual o aluno processa a internalização do conteúdo ensinado pelo professor (saber aprendido). Para o autor, é importante compreender tanto o que caracteriza cada um desses saberes quanto os processos envolvidos nas suas transformações.

Para que um conteúdo do “saber sábio” se torne um conteúdo do “saber a ensinar” (conteúdo de ensino), aquele passa por alterações bastante complexas que podem ser caracterizadas por um processo de “despersonalização” e “descontextualização” (Astolfi & Develay, 1995). Além disso, a admissão de determinado conteúdo de ensino como disciplina está condicionada a pressões diversas. Como considera Perrelli:

Isto significa entender que os objetos que figuram nos programas e nos livros didáticos como conhecimentos a serem ensinados não podem ser compreendidos apenas como simplificações ou decodificações daquilo que foi produzido de forma complexa pela comunidade dos “sábios”. Na verdade, eles são resultado de um “preparo” didático que faz com que o saber escolar, embora definido a partir do “saber sábio”, seja qualitativamente diferente deste (Perrelli, 1996, pp. 62-63).

O processo de descontextualização e despersonalização começa já no seio da produção do saber. A despersonalização procede da necessidade de se *reformular* o conhecimento de origem quando da sua divulgação aos pares, em congressos,

simpósios, ou mesmo em publicações internas em uma instituição, em decorrência do necessário enquadramento a uma lógica de apresentação de resultados, e que normalmente difere dos procedimentos utilizados durante o processo de constituição mesma do conhecimento. Acresça-se a isto o fato de que essas publicações constituem, em si, fragmentos de conhecimentos mais abrangentes, o que os torna compreensíveis apenas para os iniciados.

Transpondo as barreiras do pensamento fragmentado na engenharia e abrindo a caixa-preta

Das publicações científico-tecnológicas aos materiais de divulgação instrucional ocorre um processo específico de transposição denominado efeito de *dogmatização* (Astolfi, 1995) que caracteriza a descontextualização, e que é determinado por interesses de formação particulares, e de compreensões do que deve ser tratado como saber a ensinar. Para o ensino de engenharia, isso pode possuir interpretações diferenciadas, algumas das quais são mostradas no exemplo apresentado mais adiante. Assim, ao ser reescrito, o objeto de conhecimento passa por modificações que compreendem supressões de partes do saber de origem, alterações de seqüência e introdução de artifícios de linguagem de convencimento de sua validade, além de pressões de ordem socioeconômica e cultural.

O processo de descontextualização refere-se à supressão da história à qual estava ligada a atividade de desenvolvimento do conhecimento, e se justifica pelo desejo de generalização dos resultados, posto que os modelos daí resultantes podem ser empregados em inúmeros casos por justaposição e verificação de correspondência.

No ensino de engenharia, que trabalha normalmente sobre casos – ou projetos –, aqueles conceitos e modelos das publicações com fins didáticos, e mesmo de divulgação científico-tecnológica, são retrabalhados para serem inseridos em contextos específicos, passando a possuir estatuto diferente do conhecimento que o gerou.

Outro aspecto a ser considerado é o que trata do nível de aceitação e rigorismo conceitual das formulações científicas na engenharia, posto que esta se preocupa sobremaneira em resolver problemas práticos que lhe são apresentados, ou seja, o foco principal é a prática tecnológica e não a objetividade científica. Isto pode significar, na

atividade cotidiana da engenharia, a adoção parcial, simplificada ou reinterpretada de princípios científicos que resultem ferramentas úteis para aquela prática, bem como afastamentos metodológicos da ciência. Assim, considera-se que existem diferenças de métodos empregados, produtos obtidos, objetivos estabelecidos etc., nas apropriações da ciência pela engenharia, e da prática da engenharia referida à tecnologia.

A prática da engenharia, assim como a prática tecnológica, para ser efetiva e vir a materializar-se em artefatos²⁹, como tem sido defendido como mais significativo pelo enfoque CTS, abarca três dimensões integradas: o aspecto organizacional, o aspecto técnico e o aspecto cultural, de modo que se constitui “da aplicação do conhecimento científico ou organizado às tarefas práticas por meio de sistemas ordenados que incluem as pessoas, os organismos vivos e as máquinas” (Pacey, 1990), constituindo um conceito significativo com caráter sistêmico, ou seja, a construção de um tipo de conhecimento como produto da imbricação de diversos fatores. Trata-se, portanto, de considerar a tecnologia como sistema social, ou mais adequadamente como sócio-eco-sistema.

O conceito de prática tecnológica mostra com clareza o caráter da tecnologia como sócio-sistema. O sistema permite intercâmbios e comunicações permanentes dos diversos aspectos da operação técnica (instrumentos, máquinas, métodos, instituições, mercados...); mas também de sua administração, mediante o tecido de relações e de seus sistemas subjacentes implicados. Além disso, o sistema envolve o marco de representações e valores dos agentes do processo. Tudo isso permite reconhecer que os sistemas não são autônomos, visto que estão envolvidos na vigilância da razão teórica e no controle da razão prática (Palacios *et alii*, 2001).

A análise da constituição do objeto de ensino, como se pode depreender, configura um tema de pesquisa para o ensino de engenharia com implicações abrangentes, posto que ele é resultado de pressões exercidas por uma quantidade considerável de agentes, a que Chevallard (1985) denomina noosfera, e que incluiria, entre outros, professores, pesquisadores, poder político, interesses industriais, currículo, e interesses econômicos, que se insere e se identifica com a prática tecnológica. A noosfera é, portanto, “constituída pelo conjunto de pessoas e grupos cuja função é a de assegurar, de forma mais geral, a interface, a relação entre o sistema de ensino e a

²⁹ Considera-se aqui que, embora os artefatos constituam um dos produtos da atividade tecnológica, a tecnologia não se resume à produção de bens materiais que a sociedade demanda.

sociedade global” (Arsac, *apud* Perrelli, 1996, p. 73).

“Muitos professores só percebem que há algo além da relação que se estabelece entre ele, o saber e o aluno quando alguma coisa perturba o funcionamento “harmonioso” desta relação” (Perrelli, 1996, p. 73). É o caso, muito atual, das reformas curriculares propostas para as engenharias e das discussões sobre objetivos da Universidade, conduzidas em bases ideológicas distintas. Elaboradas num ambiente exterior ao sistema didático, as conseqüências dessas “perturbações” podem implicar interferência nas relações entre o saber, o professor e o aluno.

Consciente das limitações que a realização de recortes produz, enfoca-se aqui a análise apenas em alguns aspectos da dimensão sociocultural do processo de transposição realizada pelo professor, de suas “escolhas” e do que lhe é disponibilizado como referencial para a “preparação” didática que realiza, deixando de analisar aspectos da trama que se estabelece na definição programática, envolvendo interesses e pressões as mais diversas, e que é realizada na noosfera.

Entendendo um pouco mais o ensino de engenharia

A existência de problemas de engenharia a resolver não é um dado natural. É de início resultado de uma “necessidade” prática, definida em esferas supostamente tão distintas como a da pesquisa científica e da atividade socioeconômica. A elaboração de problemas a resolver no ensino de engenharia pode seguir critérios tão distintos quanto o desse “real posto”, ou alguma situação “imaginária” elaborada pelo professor como modo de estruturar a compreensão de alguma especificidade do conhecimento ensinado, ou a título de confirmação da validade de um modelo ensinado.

Um dos aspectos que sugere dificultar uma construção crítica e criativa de conhecimento tecnológico reside no pressuposto de que o conhecimento científico é constituído e permite operar sobre certezas, uma vez que são consolidados sobre a experiência, sendo, portanto, verdadeiros. Isso teria sido assimilado pelas engenharias numa extensão tal, a ponto de velar o caráter aproximativo, parcial e provisório do conhecimento de um mundo que não podemos apreender em toda a sua complexidade. Assim, no processo de modelização de um conhecimento técnico, acaba-se assumindo implicitamente um modelo particular como expressão única da verdade técnica, e que

se “universaliza” como modelo de construção de todos os objetos pertencentes ao campo de domínio. A redução é grande, pois esse modelo de realidade técnica é fruto de filtragens sucessivas realizadas em toda a sua trajetória de construção, tornando-se, finalmente, neutro, limpo, e fragmentário.

Ao se alterar o estatuto técnico-científico de verdade e certeza, assumindo as suas inconsistências, provisoriedade, enfim, o caráter humano e cultural das técnicas, pode-se modificar as características da modelização do conhecimento técnico, possibilitando aos professores propor aos seus alunos atividades importantes desse processo, no sentido de que estes desenvolvam a capacidade de construir seus próprios modelos, e que possam auxiliá-los a reconhecerem suas representações pessoais daquele conhecimento que se deseja ensinar.

Larcher considera que a modelização do conhecimento

é um processo que consiste em elaborar, tendo como referência um real complexo, uma construção mental nova, manipulável, em vista de assegurar uma função explícita. É uma etapa incontornável dentro do processo de construção do conhecimento científico e de utilização destes conhecimentos (Larcher, 1996, p.162).

Um conteúdo de um livro didático destinado a uma disciplina básica da engenharia, como mecânica de fluidos, por exemplo, pode ser estruturado de modo a mesclar conceitos da física com exemplos de aplicação tirados de situações concretas da engenharia. Trata-se de um processo de contextualização de conceitos científicos em outras bases. Contudo, essa re-contextualização dá-se sobre extratos simplificados de sistemas reais, constituindo modelos conceituais que são uma

representação externa, criada por investigadores, professores, engenheiros, etc., que facilita a compreensão ou o ensino de sistemas ou estados de coisas do mundo. [...] são representações precisas, completas e consistentes com o conhecimento cientificamente compartilhado (Greca & Moreira, 1998, p. 113),

que devem, imagina-se, formar a base teórica que permitirá ao aluno resolver problemas práticos.

A modelização de outros objetos reais é realizada a partir desses modelos, com as necessárias simplificações adaptativas. Essa dupla transposição leva à construção de um modelo que será tacitamente identificado com o real. Uma questão que pode ser formulada, considerando que esses modelos técnico-científicos praticamente eliminam o caráter interdisciplinar do objeto de ensino que se propõe representar, é: qual a correspondência dessa modelização com os diversos aspectos envolvidos na constituição do objeto ou situação real?

Em qualquer sentido que se realize a preparação didática e sua apresentação, seja da base científica que será posteriormente associada a soluções técnicas ou, contrariamente, da apresentação de um problema real a resolver usando a base científica como modo explicativo, o procedimento estará baseado na expropriação da interdisciplinaridade presente no artefato (principalmente daqueles aspectos assumidos como não-técnicos), imaginando-se que essa poderia ser dispersiva, isto é, poderia desfocar a especificidade posta no programa disciplinar.

Para os professores, o caráter interdisciplinar pode ser assumido como dado, mas até que ponto conhece-se de fato as várias implicações dessa interdisciplinaridade no objeto de ensino, e os efeitos da não-consideração explícita de muitas das suas características no aprendizado e na vida profissional do futuro engenheiro, como se mostra aqui, definitivamente não está claro.

Um exemplo

Os Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos (SHP) possuem aplicabilidade extremamente diversificada, estando presentes em praticamente todas as esferas da atividade humana – mineração, agricultura, indústria, energia, medicina, odontologia, transportes (terrestres, aéreos e marítimos, civis e militares), diversões etc. –, com níveis de sofisticação variados, que vão desde simples macacos para automóveis (alavanca hidráulica) até acionamentos de sistemas de controle de alta precisão para telecomunicações, aviões, robôs e outros. Para a engenharia mecânica, esta temática constitui uma área interdisciplinar típica, uma vez que trata de assuntos que interferem

de forma notável no cotidiano social e ambiental, razão pela qual eles devem ser contextualizados. Entretanto, considerados como assuntos específicos, o que se faz é reduzir o contexto das suas aplicações aos seus aspectos puramente técnicos e tratá-los como objetos autônomos.

Para essa disciplina (como também em outras disciplinas profissionalizantes), os produtores de material didático possuem diferentes interesses e visões, dependendo de suas ligações profissionais, o que resulta em um determinado tipo de interferência, como será explicitado adiante. O tipo de material que é disponibilizado ao professor desempenha um papel muito importante, senão determinante, para a preparação didática que ele realiza, pelo fato de este constituir um referencial teórico de transposição.

Embora não explicita, o programa desta disciplina (e virtualmente de qualquer outra) induz um tratamento asséptico do assunto em bases puramente técnicas, sendo daí eliminadas muitas das referências ao seu envolvimento não apenas com outras áreas do conhecimento técnico (materiais, estruturas, eletrônica, processos de fabricação etc.), como também com o seu entorno sociocultural e ambiental.

Se realizarmos a sua preparação didática na perspectiva de estudo baseado em projetos (ou em casos), predomina a visão sistêmica como porta de entrada para o ensino de suas especificidades. Pode-se partir da apresentação da idéia geral de sistemas como uma “caixa-preta” com entradas e saídas. Isto tanto pode ser realizado diretamente pela apresentação gráfica de um diagrama de blocos ou esquema simbólico quanto com o auxílio de um exemplo de aplicação real (uma máquina em funcionamento, por exemplo).

Ao abrir a grande caixa-preta, aqui significando apenas o sistema hidráulico, outras caixas-pretas se apresentam, denunciando a existência de seus componentes constituintes por meio de símbolos funcionais. Esses serão abertos expondo um pouco mais as suas partes constituintes (vistas em corte de componentes) e explicações de seus funcionamentos. Imagina-se que a explicitação de seus modos de funcionamento constitua uma etapa necessária para a compreensão do funcionamento do conjunto. A abertura de cada caixa-preta expõe outras, num processo que pode ter um longo encadeamento, segundo visões e interesses particulares. O contexto, entretanto, é o do sistema em análise, visto como uma estrutura que interage com o meio exterior através de sinais e interferências físicas – sinais elétricos, mecânicos, forças (torque),

velocidades (rotação) –, através de suas entradas e saídas.

Este meio exterior é considerado apenas naqueles aspectos mais próximos, ou seja, naquilo que se imagina serem elementos de interferência direta na operacionalidade sistêmica com base numa racionalidade técnica. Em resumo, o sistema é isolado do seu entorno com o objetivo de ser estudado tecnicamente, sendo descontextualizado. Aqui ocorre o processo de dogmatização, no qual fatos e relações que concorrem para a constituição do sistema, desde a concepção dos seus elementos constituintes até intenções de utilização, serão tacitamente eliminados, objetivando a sua didatização, ou o que se imagina permitir um ensino objetivado. Se considerarmos os pressupostos hegemônicos que utilizamos acriticamente com já abordado anteriormente, isso não apenas seria “natural”, mas “desejável”, posto que estariam baseados em princípios epistemológicos que os confirmariam.

Mas, se ampliarmos um pouco mais essa visão, entendendo que a engenharia e o engenheiro não podem ser isolados do seu entorno sociocultural, razão mesma de ser da prática tecnológica, certamente outros elementos dessa prática deverão ser explicitados, objetivando compreendê-la melhor. Isto implica trabalhar as especificidades sem perda de noção das totalidades no processo de ensino tecnológico (Angotti, 1991).

Trata-se de pensar as especificidades desse conhecimento técnico, buscando compreender como se constituem à luz de sua inserção na prática tecnológica, vista aqui como atividade que envolve aspectos culturais, organizacionais e técnicos (Pacey, 1990, pp. 13-22). Metaforicamente, significa ampliar a caixa-preta do conhecimento técnico, possibilitando a consideração tanto de parâmetros técnicos específicos das visões particulares dos participantes quanto aspectos de natureza sociocultural construídas coletivamente.

Considerações adicionais sobre o ensino tecnológico

Buscando entender um pouco mais o significado dessa compreensão ampliada da técnica, são tecidas algumas considerações sobre o uso de materiais didáticos na transposição realizada pelo professor e de sua significação sobre o objeto de ensino aqui enfocado.

Os componentes de sistemas hidráulicos são resultados de concepções estruturadas a partir de limitações técnicas e interesses particulares de fabricantes (limitações do conhecimento do corpo técnico-científico, processos de fabricação, política industrial e outras), que possuem uma trajetória de construção complexa baseada em erros e interesses díspares, não sendo, em si, objetos universais. Tampouco constituem conhecimentos prontos e acabados, embora estejam materializados em artefatos reais. Para as aplicações a que se destinam, estão “prontos”. Para o ensino, contudo, devem ser vistos como objetos inacabados e imperfeitos, posto que são pensados e produzidos em condições muito particulares, as quais determinam aquele objeto, suas formas e operacionalidade.

A maioria dos materiais “didáticos” dessa área é produzida, direta ou indiretamente, por fabricantes de componentes e sistemas. Isto inclui materiais de laboratório, como as bancadas didáticas. Obviamente, a idéia subjacente a esses materiais “didáticos” é a da adesão, desde que postula o conhecimento da técnica baseado no uso de produtos desenvolvidos num determinado contexto, com suas determinações próprias. Com isso, induz à falsa idéia da universalidade de produtos particulares. Esta lógica da adesão incentiva ou favorece o ensino fragmentário, desarticulado, descontínuo e compartimentado, na medida em que se preocupa com a apresentação de produtos específicos e o seu campo de utilização, fazendo crer que aqueles constituem senão a única, pelo menos a melhor solução para as aplicações a que se destinam. Induz também a uma lógica de dependência que leva à inibição da criatividade individual e coletiva, que se prostra diante de um conhecimento tão completo que não pode ser reproduzido ou melhorado localmente.

Não se pode negar que os materiais *informativos* sobre produtos tecnológicos possuem seu espaço no processo de formação de engenheiros. Entretanto, como instrumentos de informação, resultados de transposição didática de sua fonte formadora (a tradução da linguagem hermética dos seus criadores para a linguagem do mercado), não possuem a finalidade de propiciar a abertura da caixa-preta do conhecimento gerador, mas apenas de conhecimento utilitário.

Por outro lado, ao combinar o conhecimento assim estruturado com as suas aplicações tecnológicas, transfere-se também a atitude acrítica em relação às conseqüências da sua inserção social e ambiental, posto que essas não fazem parte da constituição desse conhecimento, ou seja, cultiva-se, através do ensino não visto como

processo social, a neutralidade da tecnologia.

A conseqüência explícita desse modo de realizar a transposição didática é a criação (ou manutenção) de obstáculos de diferentes naturezas à construção crítica e criativa de conhecimento tecnológico, dentre os quais o determinismo tecnológico, o repasse parcelar de informações, e a dificuldade de construção de modelos de ensino que favoreçam a construção de conhecimento tecnológico socialmente comprometido.

Dada a exigüidade de trabalhos que apontem para essa direção no tratamento de aspectos da constituição do objeto de ensino em engenharia e de aspectos da transposição didática realizada nas diversas esferas do processo, as reflexões aqui apresentadas são, obviamente, de caráter especulativo, mas suficientes para indicar a existência de interações mais fortes (Angotti, 1991) do conhecimento técnico com o seu entorno mais amplo, e também a pertinência de releituras de abordagens epistemológicas do ensino de ciências para o tratamento de aspectos do ensino de engenharia. Ao introduzir o enfoque CTS na análise da construção de um objeto de ensino, torna-se possível identificar aspectos que podem auxiliar a compreensão da práxis do ensino de engenharia, no que ela possui de antagônico com as tendências atuais, e de apontar um caminho para investigação da atividade de ensino nas engenharias e da constituição desse conhecimento.

Temas de investigação decorrentes são:

- Como estruturar didaticamente uma disciplina assumida como técnica, considerando as dimensões socioculturais, além das econômicas.
- Com que perspectivas realizar a sua preparação didática.
- Como um sistema técnico, um artefato tecnológico, uma pesquisa, transforma-se em conhecimento a ensinar.
- Como o conhecimento tecnológico se transforma em conhecimento escolar.
- De que maneiras o conhecimento das origens de um conhecimento tecnológico, e sua trajetória de transformação podem alterar o conteúdo a ensinar e a abordagem didática de uma disciplina, e quais as implicações disso.
- Como a interdisciplinaridade presente na constituição dos objetos de ensino de

engenharia pode ser abordada no processo de ensino técnico, comprometendo-o com suas bases formadoras (socialmente comprometido e referenciado), sem perda de objetividade.

Sugere-se que a não consideração das dimensões epistemológica e sociológica, entre outras, na análise do objeto de ensino técnico implica profunda limitação e obstaculização de qualquer tentativa de transformação do sistema de ensino tecnológico, porque a análise das questões de ensino recairia, como tem acontecido, apenas em aspectos técnicos de ajuste da grade curricular, de reafirmação da manutenção de práticas hegemônicas não mais ajustadas à realidade atual, de aprimoramento instrumental sem compreensão de suas especificidades e limitações enquanto agentes de ensino, enfim, em toda a trama que envolve os diversos atores sociais que são, afinal, os geradores e os depositários da tecnologia.

4.6 Interações entre fragmentos e totalidades

Ao longo desta reflexão é defendida uma nova perspectiva, de interações substantivas, para o enfrentamento da fragmentação do conhecimento tecnocientífico na engenharia, por entender que é imperativa, por questões práticas do mundo tecnológico, uma abordagem que esteja em sintonia com os processos de transformação em curso e da conseqüente mudança de pressupostos da atividade científico-tecnológica. Contudo, há de se evitar o holismo ingênuo, e achar que se pode eliminar o tratamento dos fragmentos, mesmo nas técnicas, em favor da busca de uma unidade do conhecimento. Eles existem e trabalhamos com eles. Angotti considera que “há excessos que apelam para unidades intangíveis, pelo menos em tempos atuais, que desprezam a força e a profundidade que o homem conquistou com seus bisturis bem aplicados, ou seja, do próprio empreendimento das Ciências”. Para ele, “tais abordagens em busca de totalidades levam a uma sensação de completude de conhecimento que é falsa e enganosa” (Angotti, 1991, p. 28).

Essas considerações, contudo, não descartam a necessidade de contextualização dos fragmentos e das suas interações socioculturais. Essas não

podem ser esquecidas ou expropriadas daqueles porque estão também em suas origens, como já apontado anteriormente.

Ao referir-se ao conceito de holomovimento de David Bohn (1998), incorpora-se uma nova compreensão de que as partes também encerram os todos. De alguma forma, afirma Angotti, “as partes estão comprometidas com seu passado, com o seu conjunto, com a totalidade do ‘holomovimento’ de onde vieram” (*idem*, p. 57). Não há como negar o papel da fragmentação no trato do conhecimento tecnocientífico, mas deve-se ter presente que “a tendência é prestigiar a fragmentação desde que nos mantenhamos conscientes do compromisso das partes com o conjunto, o holograma das teorias” (*idem*).

Morin é útil para reforçar essa compreensão. Ao separar o sujeito pensante (*ego cogitans*) e a coisa extensa (*res extensa*), ou seja, a filosofia e a ciência, e ao colocar como princípio de verdade as idéias “claras e distintas”, Descartes estabeleceu o paradigma mestre do Ocidente, que o autor denomina de “paradigma da simplificação” e que se caracteriza pelo conjunto dos princípios de disjunção, redução e abstração.

Os resultados foram notáveis, desde que por sua conta, a partir do século 17, a civilização ocidental experimentou as transformações decorrentes do considerável desenvolvimento do conhecimento científico e da reflexão filosófica. Mas esse fato, para Morin, escondeu por quase dois séculos as conseqüências nocivas que agora começam a emergir, por conta de uma luta travada contra o pensamento fragmentário em ambos os campos do saber.

Cabe reforçar aqui que não se trata de uma crítica do conhecimento e tratamento lógico-matemático dos fragmentos, já assumido como necessário, e nem tampouco de uma reificação ou defesa do pensamento único, mas de indicar que as interações entre campos de saber aparentemente antagônicos ou disjuntos mostraram-se muito fecundas para a ampliação do conhecimento disciplinar e redução das diferenças e incompreensões interdisciplinares – basicamente na identificação do tipo de problema a resolver e nos critérios de valor a considerar –, com conseqüências importantes sobre a natureza das produções da engenharia.

Com a redução das disjunções disciplinares assumidas como propostas para uma formação técnica socialmente referenciada conforme já abordado em outros

momentos nesta tese, amplia-se o campo de atuação das disciplinas, ou das especialidades, na medida em que visceralmente se interpenetram.

A disjunção entre o conhecimento científico e a reflexão filosófica acabou por transformar uma possível fecunda relação em uma quase incomensurabilidade para a engenharia (e também para a filosofia), incentivada por interesses que se confrontam de modo permanente e crescente com questões oriundas da crítica filosófica, como as questões éticas, que deságuam nas questões de consciência social, ecológica e política.

Uma leitura desse tipo é igualmente encontrada em C.P. Snow, no seu histórico discurso na academia Real de Ciências em Londres, em 1939, embora com uma crítica mais contundente para o conhecimento científico (Postman, 1994, p. 11). A teoria das duas culturas chocou e certamente abalou a confiança e as certezas de ambos os lados da muralha. Mas, ao mesmo tempo, criou condições para uma reaproximação, na medida que tornou pública uma dicotomia velada.

A partir da segunda metade do século 20, emergem as reações contra os efeitos nocivos da ciência e da tecnologia, e a separação torna-se ainda mais intensa, entre correntes tecnocatastrofistas e tecnootimistas, entre a feroz crítica filosófica às realizações da ciência-tecnologia, com conseqüências sobre a engenharia – imaginada como seu braço prático –, e a resistência surdo-muda desta, que sequer conseguia responder à crítica filosófica (com algumas exceções), exatamente por não saber como fazê-lo, já que privada do poder do pensamento filosófico de si mesma.

No Brasil foi a própria engenharia, através das suas representações acadêmicas, que incentivou essa disjunção ao propor a eliminação das humanidades do currículo na reforma universitária de 1970, em nome de uma necessidade de ampliação dos conteúdos tecnocientíficos, ainda defendido por alguns acadêmicos.

Argumenta-se que, em função da intensificação da fragmentação institucionalizada do conhecimento da engenharia, causa e efeito das especializações, os novos professores de engenharia parecem tender, assim como os novos profissionais, mais ainda que seus mestres, para o pensamento fragmentário, o que é compreensível justamente por se tratar de uma geração de profissionais posterior à implantação da reforma universitária da década de setenta, e do processo de inibição política imposto às universidades pela ditadura militar ao longo das duas difíceis décadas seguintes. Além disso, estão submetidos a um

processo de busca desesperada por recursos para a pesquisa gradualmente reduzidos ao longo dos anos, mas com uma cobrança institucional crescente sobre a produtividade acadêmica, o que levou esses professores nesse “salve-se quem puder” a verem a universidade como uma estrutura empresarial e, desse modo, colocarem a pesquisa – que quantifica o currículo pessoal – acima do ensino (e da sua pesquisa), cujos resultados são mais sutis e de difícil quantificação.

Esse equívoco histórico é agora percebido, quando se propõe novamente a introdução das humanidades no currículo das engenharias. Entretanto, ainda há muito a fazer, para evitar que, novamente, mantenha-se institucionalizada essa disjunção entre as “duas culturas”. A compreensão que emerge das páginas deste ensaio é, ao contrário, a de que é necessário e urgente estabelecer a inseparabilidade entre esses dois campos de saber, porque se entende que a tecnologia é fundamentalmente um processo que só é concebível como produção sociocultural.

Pelo enfoque CTS e pelas manifestações de organizações sociais diversas, essa tendência ao aumento da fragmentação é nitidamente contrária ao que se propõe como uma possível redução dos problemas sociais e ambientais para o século 21, que implica necessariamente o envolvimento da tecnologia – concebida como sócio-eco-sistema – que é o atual expoente em torno da qual gravita a sociedade. Tem-se procurado reunir esforços para uma reorientação quanto aos compromissos e responsabilidades dos profissionais de engenharia para as questões da sustentabilidade planetária, a qual não suporta o pensamento fragmentário, o que não implica a eliminação do fragmento, da parte, mas a sua imbricação, conforme já abordado anteriormente.

Agora, no início do século 21, trava-se uma luta pelo reconhecimento das interações existentes entre o conhecimento tecno-científico e o conhecimento das humanidades, ou do humano nas técnicas, posto que um não existe sem o outro, que não se reduz a uma relação óbvia que prescinde da reflexão da própria imbricação. Ao contrário, a disjunção mostrou-se tão eficaz que sua compreensão e superação torna-se um exercício incessante para ambos os campos de saber, necessidade de um contínuo intercâmbio interdisciplinar.

Morin escreve que,

com a teoria da auto-organização e a da complexidade, são abordados os substratos comuns à biologia, à antropologia, fora de qualquer biologismo e de qualquer antropologismo. Uma tal teoria permite revelar a relação entre o universo físico e o universo biológico, e assegura a comunicação entre todas as partes do que nomeamos o real. As noções de física e de biologia não devem ser reificadas. As fronteiras do mapa não existem *no* território mas *sobre* o território, com arames farpados e os fiscais da alfândega.

Se o conceito de física se alargar, se complexificar, então tudo é físico. Digo que então a biologia, a sociologia, a antropologia são ramos particulares da física; do mesmo modo, se o conceito de biologia se alargar, se complexificar, então, tudo o que é sociológico e antropológico, é biológico. A física como a biologia deixam de ser redutoras, simplificadoras e tornam-se fundamentais. Isto é quase incompreensível, quando se está no paradigma disciplinar onde física, biologia, antropologia são *coisas* distintas, separadas, não comunicantes (Morin, s/d, p. 56).

Em consideração concordante com a teoria da complexidade, pode-se estabelecer paralelo com a engenharia, na medida que a ela é já uma atividade que congrega os vários campos do saber disciplinar em unidades tangíveis. Mais que isso, cada vez mais interações são estabelecidas com outras áreas de conhecimento resultando em novas especialidades. Nesse sentido, não se pode compreender a engenharia como atividade alheia a interesses e interferências sociais e ambientais, quaisquer que sejam. A questão então é explicitar em que nível de complexidade estaremos operando.

Um tema já recorrente nas discussões sobre ciência e tecnologia é o do desenvolvimento sustentável, necessitando-se precisar o que isso significa em termos conceituais, uma vez que ele abarca uma miríade de interpretações e está presente nos programas e políticas de C&T de muitos países. Por conta disso, encontra-se imerso num universo onde vicejam os mais diferentes interesses e pressões. Trata-se, desse modo, de assunto público de primeira grandeza.

Portanto, pensar o ensino de engenharia sem pensar em sustentabilidade não é mais cabível, e essa percepção tem sido manifestada em intensidade crescente por todos os atores envolvidos com o desenvolvimento científico e tecnológico. Tornou-se parte da agenda do dia das questões da tecnologia e transforma-se rapidamente em

um novo pressuposto que deverá compor a estrutura pedagógica da engenharia no século 21. No entanto, o significado e as implicações do desenvolvimento sustentável não estão muito claros para a engenharia.

Para situar, por pouco que seja, alguns dos dilemas com os quais nos defrontamos, lanço mão de uma das questões importantes no âmbito da engenharia e que concerne aos iminentes problemas de escassez. Para o enfrentamento deste problema, tem-se apontado para a idéia de desenvolvimento sustentável, que parece bastante simpática às engenharias, que se defrontam com o dilema do aumento da capacidade cognitiva de transformação da natureza com a manutenção (e renovação) dos mananciais naturais. Há até algumas décadas, a maioria dos problemas associados à escassez de recursos naturais estavam restritos ao âmbito local, que seriam resolvidos com a melhoria dos sistemas de transporte, permitindo explorações mais distantes. Atualmente essa visão de solução já parece não ser mais aceitável, posto que a consciência do esgotamento dos mananciais naturais e as pressões sociais tornaram claro que esse problema não encontra solução apenas na ciência-tecnologia, de modo que não há como escapar de se trabalhar com a perspectiva de que as questões em torno da sustentabilidade do desenvolvimento possuem implicações muito mais amplas.

Aqui a idéia de desenvolvimento sustentável é significativamente ampliada se considerada no âmbito das suas interações complexas, para o qual

a sustentabilidade do desenvolvimento não significa um ajustamento suplementar à racionalidade do desenvolvimento moderno. O âmago do conceito – o princípio ético da solidariedade – guarda o imenso desafio contemporâneo de assegurar a sustentabilidade da humanidade no planeta, no interior de uma crise de civilização de múltiplas dimensões interdependentes e interpenetrantes: ecológica, social, política, humana, étnica, ética, moral, religiosa, afetiva, mitológica... A sustentabilidade do desenvolvimento é um problema complexo, porque a sua essência está imbricada em um tecido de problemas inseparáveis, exigindo uma reforma epistemológica da própria noção de desenvolvimento (Paula Yone Strob, In: Morin, 2000, p. 9).

Com essa perspectiva, densa certamente, propõe-se a incorporação de fatores não-técnicos na estrutura pedagógica da engenharia.

Trata-se de ver, no ensino tecnológico, a sua constituição interdisciplinar e transdisciplinar, ou seja, de considerar o que foi tacitamente expropriado desse conhecimento, *re-unir* seus elementos constituintes em totalidades, não apenas como uma soma de partes separadas, mas urdidas como um tecido onde cada fio é estrutural, e sua falta é imediatamente percebida. Há aqui uma diferença entre a simplificação do complexo, estratégia necessária para o tratamento lógico-matemático, reconhecendo as nossas limitações instrumentais e humanas, e o desconhecimento ou a simples eliminação da complexidade, vendo o fragmento como totalidade. Como afirmava Pascal, “é impossível conhecer as partes sem conhecer o todo, como é impossível conhecer o todo sem conhecer particularmente as partes” (Morin, 1999, p. 30). Mas o todo, no contexto da complexidade, é mais do que a soma das partes.

Esses entendimentos estão presentes nos trabalhos de pensadores importantes, como Georges Lukács e Gaston Bachelard. Lukács, revendo na velhice sua visão dogmática, considera que “o complexo deve ser concebido como elemento primário existente. Daí resulta que é preciso primeiro examinar o complexo enquanto complexo e passar, em seguida, do complexo aos seus elementos e processos elementares” (Lukács, *apud* Morin, s/d, p. 23).

Morin, referindo-se ao pensamento de Bachelard, comenta que ele considerava que o simples não existe, apenas o simplificado. “A ciência constrói o objeto extraíndo-o do seu meio complexo para o colocar em situações experimentais não complexas. A ciência não é o estudo do universo simples, é uma simplificação heurística necessária para libertar certas propriedades e mesmo certas leis” (Morin, s/d, p. 23).

4.7 Especialidade, tecnocracia e o sentido da interdisciplinaridade para a engenharia

O tema da interdisciplinaridade, já recorrente na área técnica, está ligado à constatação de que o aumento da complexidade do conhecimento científico-

tecnológico extravasa a competência exclusiva das disciplinas, de modo que se transformou num conceito de uso comum na engenharia, de resto concordante com o de outras áreas do conhecimento, mas com uma demarcação tácita, ou seja, a interdisciplinaridade técnica. Este enfoque da interdisciplinaridade possui a sua importância e não pode ser menosprezado, dado que tal forma de inter-relação possibilita novas realizações tecnológicas que de outro modo seriam obstaculizadas. Mas carrega consigo, implicitamente, uma certa carga antidemocrática que se manifesta na ação interdisciplinar de abrangência exotérica, na medida que fortalece a idéia de primazia da técnica e de neutralidade decisória, porque formada sob a égide de um consenso de especialistas técnicos.

Jantsch e Bianchetti chamam a atenção que seria “impensável a interdisciplinaridade sem a base que a possibilita, ou seja, as disciplinas” (Jantsch e Bianchetti, 1995, p. 21), o que reforça o argumento de que tanto a disciplinaridade quanto a interdisciplinaridade, estabelecidas historicamente, são construções humanas que se entendem como necessárias. Ademais, segundo Etges, há que se considerar que

A interdisciplinaridade, enquanto princípio mediador entre diferentes disciplinas, não poderá jamais ser elemento de redução a um denominador comum, mas elemento teórico-metodológico da diferença e da criatividade. A interdisciplinaridade é o princípio da máxima exploração das potencialidades de cada ciência, da compreensão dos seus limites, mas, acima de tudo, é o princípio da diversidade e da criatividade (Etges, *apud* Jantsch e Bianchetti, 1995, p. 14).

Numa perspectiva antropológica, Severino propõe um redirecionamento do sentido da interdisciplinaridade, considerando que o saber,

ao mesmo tempo que se propõe como desvendamento dos nexos lógicos do real, tornando-se então instrumento do fazer, ele se propõe também como desvendamento dos nexos políticos do social, tornando-se instrumento do poder. Por isso mesmo o saber não pode se exercer perdendo de vista esta sua complexidade: só pode mesmo exercer-se interdisciplinarmente. Ser interdisciplinar,

para o saber, é uma exigência intrínseca, não uma circunstância aleatória. Com efeito, pode-se constatar que a prática interdisciplinar do saber é a face subjetiva da coletividade política dos sujeitos. Em todas as esferas de sua prática, os homens atuam como sujeitos coletivos (Severino, 1995, p. 172).

Em que pese a diversidade conceitual (Jantsch e Bianchetti, 1995; Souza Cruz, 2001), no contexto aqui tratado a interdisciplinaridade é vista não apenas como uma relação que se estabelece entre diferentes disciplinas da área técnica em um processo de intercâmbios supostamente neutro, o que mascara as questões políticas subjacentes à interdisciplinaridade. Pelo contrário, ela se mostra como “uma prática essencialmente ‘política’, ou seja, como uma *negociação* entre diferentes pontos de vista, para enfim *decidir* sobre a representação considerada como adequada tendo em vista a situação” (Fourez, 1995, p. 137). E isto é válido tanto no que diz respeito à interdisciplinaridade técnica de um coletivo esotérico (como o da engenharia mecânica com suas várias especialidades), quanto no de suas interações com outros coletivos esotéricos e com o coletivo exotérico representado pela sociedade.

Por esta perspectiva, a interdisciplinaridade não constitui um agregado de diferentes disciplinas que interagem, estabelecida segundo critérios exclusivamente externos e puramente “racionais”. De acordo com Fourez, “é preciso aceitar confrontos de diferentes pontos de vista e tomar uma decisão que, em última instância, não dependerá de conhecimentos, mas de um risco assumido, de uma escolha finalmente ética e política” (*idem*).

Um aspecto que pela sua presença marcante na atividade da engenharia, e pela sua relação com as considerações precedentes, não pode deixar de ser considerado quando se fala de interdisciplinaridade é o da assunção de atitude tecnocrática nas interações entre o detentor de conhecimento especializado e a sociedade (e mesmo nas interações intercoletivos esotéricos). Pela própria estrutura de formação e sua aceitação social, os engenheiros são instados a assumir posturas tecnocráticas nas tomadas de decisão sobre assuntos técnicos *stricto sensu*, constituindo o pressuposto da primazia da decisão tecnocrática um obstáculo que inibe fortemente a participação democrática do engenheiro.

Entre as influências sociopolíticas da tecnologia, uma das construções históricas mais importantes do século 20 foi a da tecnocracia. O legado de Saint-

Simon e Comte, vendo os cientistas e industriais como as novas classes dirigentes da sociedade positiva e do sistema industrial, consolidou-se de tal forma que hoje é bastante difícil identificá-la com seus efeitos mais nocivos. Como movimento social teve seu auge na década de 30, apresentando-se como alternativa tanto para o capitalismo quanto para o socialismo.

Os engenheiros viram-se desde cedo identificados com a ação tecnocrática, mesmo antes de sua consolidação no século 20. Na Europa do século 18, particularmente na França, de onde importamos os modelos de formação em engenharia, os engenheiros estiveram fortemente vinculados às elites e aos sistemas de governo como funcionários, ligados a atividades tanto de definição das políticas científico-tecnológicas, quanto de implementação de sistemas técnicos de alcance público.

A tecnocracia se estabelece, desse modo, como solução para os problemas sociais, de cujas definições e soluções o público não poderia participar por não possuir conhecimentos técnicos suficientes. De fato, a tecnocracia se estabelece como conquista social, na medida que o público transfere aos seus funcionários as responsabilidades de lhes dar rumo às coisas técnicas. A questão da tecnocracia tornou-se, no entanto, uma armadilha dos interesses de poder mais implícitos, alijando o público de sua vontade.

O economista e filósofo norte-americano Thorstein Veblen, em seu livro *Os engenheiros e o sistema de preços* (1921), profetizando a consolidação do sistema tecnocrático, sugeriu que as desigualdades e conflitos sociais gerados pela industrialização só seriam superados através da substituição do sistema de livre mercado por uma economia programada e planejada por técnicos e engenheiros (Tuñón *et alii*, 2001).

Na Europa, Jaques Ellul e Helmut Schelsky, os representantes do pensamento tecnocrático, viam no progresso técnico o momento propício para a substituição “do governo sobre as pessoas pela administração das coisas”. Ellul defendia que a administração do estado deveria ser realizada pelos tecnólogos, posto que somente os especialistas estariam capacitados para entender as possibilidades de cada momento. Ele afirmava que “a elite dos novos tecnólogos não toma decisões pessoais, pois em realidade, o fenômeno técnico se auto-dirige: é a máquina que escolhe o homem mais idôneo em cada momento, não importando muito as suas

idéias políticas” (Ellul, *apud* Tuñón *et alii*, 2001, p. 161). De forma ainda mais contundente, Schelsky considerava que “as exigências da técnica suprimiram a ordem irracional da dominação política. Inclusive a democracia, que é o melhor sistema da velha política, é irrelevante porque ninguém – nem o Estado, nem os políticos, nem sequer os técnicos – pode alterar o curso da civilização técnica, que se rege exclusivamente por suas próprias leis” (Schelsky, *apud* Tuñón *et alii*, 2001, p. 161).

Bazzo (1998) alerta que é importante ter bem claro o que significa a tecnocracia no contexto CTS, principalmente quando se trata de trabalhar o modelo tecnocrático dentro das escolas de engenharia. Toma como exemplo as três premissas da tecnocracia salientadas por Roszak (González García *et alii*, 1996, p. 33). Este autor considera que o grande segredo da tecnocracia reside em convencer-nos do seguinte:

- 1 - Que as necessidades vitais do homem são [...] de natureza técnica. O que significa: que as necessidades de nossa existência competem, por inteiro, a algum tipo de análise formal que pode ser realizada por especialistas possuidores de certas habilidades impenetráveis [...] Se um problema não tem solução técnica deste tipo é porque não deve ser um problema *real*. É uma ilusão, uma ficção nascida de alguma tendência cultural agressiva.
- 2 - Que esta análise formal (e altamente esotérica) de nossas necessidades alcançou já uns 99% de perfeição. De forma que, apesar de pequenos obstáculos e interrupções devidos aos elementos irracionais de nosso meio, todos os requisitos prévios da plenitude humana foram satisfeitos [...]
- 3 - Que os especialistas que sondaram os desejos de nosso coração e que são os únicos que podem seguir velando nossas necessidades, os que sabem *realmente* de que falam, devem estar incluídos nas listas de nomes oficiais do Estado e/ou das sociedades privadas corporativas. Os especialistas que contam são os especialistas certificados e a eles devem pertencer todos aos níveis supremos de comando (Roszak, 1970, pp. 24-25; ênfases do autor).

Como se pode perceber, a atitude tecnocrática – assim como o determinismo tecnológico – não é assunto de fácil explicitação e superação porque se encontra

profundamente enraizada na estrutura pedagógica da tecnologia. O enfoque tecnocrático (Habermas, 1999), ao pretender determinar a política (ou a ética) a ser seguida, com base no conhecimento científico, comete um “abuso de saber” porque esse conhecimento científico, longe de ser neutro, “foi construído de acordo com um projeto organizador e este último pode determinar sua natureza” (Fourez, 1995, p. 212).

Retomando a interdisciplinaridade, há de se cuidar para uma questão que se torna cada vez mais presente e cultivada na sociedade tecnológica, por conta dos imperativos da flexibilidade e da complexidade crescente do conhecimento técnico como o concebemos. Neste contexto, a tecnocracia baseada em um só técnico ou uma categoria profissional de técnicos na determinação de políticas tecnológicas públicas parece ceder lugar a uma tecnocracia interdisciplinar.

Supõe-se que a formação de equipes interdisciplinares de técnicos de várias especialidades seja suficiente para justificar a tomada de decisão sobre a melhor política a ser seguida. E esta poderia ser, por exemplo, a do traçado e construção de uma rodovia passando por uma comunidade, separando-a, ou a da construção de uma barragem envolvendo a mudança de uma cidade, ou simplesmente a de artefatos que influenciam as relações sociais cotidianas. Mas o fato é que essa equipe interdisciplinar irá privilegiar, após consenso sobre divergências paradigmáticas disciplinares, uma determinada visão do problema que será qualitativamente semelhante à de um técnico. A própria escolha dos especialistas é já um ato político e não neutro, dado que nasce com a própria escolha da equipe e com base em interesses predefinidos (Fourez, 1995). Essa tecnocracia interdisciplinar tende a ser mais problemática, porque por um lado dilui a presença do sujeito da ação e, por outro lado, ao conceder maior poder político centrado na reunião de especialistas, paradoxalmente inibe a ampliação da participação democrática.

Para este autor, “se a interdisciplinaridade pode corrigir certos defeitos da tecnocracia, ela não modifica a sua estrutura: recorrer a especialistas acreditando encontrar uma resposta “neutra” a problemas da sociedade é esquecer que esses especialistas apresentam um ponto de vista que é sempre particular” (Fourez, 1995, p. 213), e nem sempre concordante com a ética profissional.

De qualquer modo, é preciso considerar que não se trata de minimizar o papel dos especialistas, mas de perceber nas interações entre ciência, tecnologia e sociedade, em que circunstâncias se manifestam essas interações.

Admitindo o poder explicativo dos três modelos conceituais de representação das interações entre o saber especializado e a prática política de Habermas sem, contudo, desconsiderar suas limitações e questionabilidade, pode-se aproximar representações de situações de complexidade das relações entre especialistas e não-especialistas técnicos através dos modelos *tecnocrático*, *decisionista* e *pragmático* (Habermas, 1999, pp. 131-139). Para as áreas técnicas, essa pode ser uma maneira conveniente de evitar a assunção de atitudes inadequadas a situações particulares de intervenção técnica.

É preciso considerar, contudo, que, a menos do pragmático, os modelos estarão se defrontando em várias situações com questões de validade democrática.

Há mesmo situações em que a *tecnocracia* de um especialista ou de um grupo de especialistas pode ser uma forma eficaz de interação. A engenharia e a medicina estão repletas de exemplos. Mas essas mesmas áreas possuem uma miríade de situações em que o uso da *tecnocracia* não é uma forma de interação adequada, mas sim a de uma interação de tipo *decisionista* ou de tipo *pragmático*.

Em exemplos citados anteriormente, como o caso da usina nuclear francesa, a tecnocracia provavelmente interdisciplinar dos especialistas mostrou-se inadequada para aquele tipo de artefato tecnológico e para as circunstâncias em que ele foi estruturado (ver 4.3). Dado que o modelo pragmático pressupõe a negociação e discussão entre todos os atores envolvidos (especialistas, usuários, vizinhança, políticos), para aquela situação talvez uma interação desse tipo poderia ter sido mais adequada, não apenas para o projeto, mas, em caso de consenso, também para a operacionalidade do sistema em todas as suas instâncias pós-instalação.

A pertinência de tratar o tema da interdisciplinaridade segundo este enfoque é reforçada pela Declaração de Budapeste³⁰ (1999), cujo conteúdo expressa um novo modo de relacionamento entre a ciência e a sociedade, o qual está sendo entendido como um *novo contrato social* para a ciência que, embora não explicitamente

³⁰ Declaração sobre a ciência e o uso do saber científico, resultante da “Conferência Mundial sobre a Ciência para o Século XXI: Um novo compromisso”, realizada em Budapeste (Hungria) no final de junho de 1999. <<http://www.campus-oei.org/salactsi/budapestdec.htm>>

colocado, é também considerado para a tecnologia. Esse novo contrato social admite como necessária a participação pública, ou a participação abrangente da sociedade nos assuntos que lhes dizem respeito. Tal compromisso implica considerar que na mesa de negociação para a tomada de decisão no que concerne a assuntos que envolvem a ciência e a tecnologia, que são muitos e marcantes, os especialistas ver-se-ão envolvidos com a crescente participação de diversos pontos de vista que não estão baseados nos mesmos paradigmas com os quais trabalham.

Assim, tanto especialistas quanto não especialistas deverão estar preparados para trabalharem em conjunto, e isto pressupõe uma reconsideração da atitude tecnocrática, já que ela é em muitos aspectos incompatível com esse novo contrato social.

A alfabetização científica e tecnológica, conforme propugnado pelo enfoque educacional CTS, insere-se nessa perspectiva nova também no Brasil, de modo a que os cidadãos possam ter voz e papel mais relevantes nesse processo de democratização da sociedade. Em outros termos, há um esforço em se formar uma consciência crítica *sobre* a ciência e a tecnologia (Fourez, 1997; Waks, 1996; Zilbersztajn *et alii*, 1994), como o objetivo de tornar os cidadãos mais aptos a ter voz e papel relevantes no processo de tomada de decisão sobre as coisas que lhes afetam.

Souza Cruz e Zilbersztajn consideram que para uma perspectiva educacional abrangente,

o papel mais importante a ser cumprido pela educação formal é o de habilitar o aluno a compreender a realidade (tanto do ponto de vista dos fenômenos naturais quanto sociais) ao seu redor, de modo que ele possa participar, de forma crítica e consciente, dos debates e decisões que permeiam a sociedade na qual se encontra inserido. Trata-se de uma perspectiva baseada em argumentos para a promoção da alfabetização científica para a população em geral, o que fornece uma base racional para que o Ensino das Ciências se torne tão relevante quanto possível para um público tão amplo quanto possível (Souza Cruz e Zilbersztajn, 2001, p. 171).

Desta forma, é pertinente que processo semelhante seja realizado na formação dos especialistas técnicos, com enfoque diferenciado porque importa neste caso, principalmente, que eles possam ser interlocutores efetivos nesse processo, ou seja, que possam entender mais *sobre* a natureza da ciência e da tecnologia – de cujas realizações são participantes ativos – e suas interações com a sociedade, objetivando mudar conscientemente tendências formativas e culturais, tais como a da atitude tecnocrática elevada à condição de supremacia decisória e a superação do pressuposto da superioridade ou primazia do conhecimento especialista que viria de uma ciência tida como neutra e de uma tecnologia considerada também neutra e autônoma.

4.8 Contribuições ao Currículo de Engenharia

Há um considerável esforço por manter o currículo de engenharia em sintonia com as demandas identificadas com os interesses e as pressões mais diversos, incluindo os interesses expressos por políticas de C&T de caráter nacional, os de grupos sociais influentes, os da comunidade acadêmica, todos reunidos em nome de uma qualificação cada vez mais aprimorada de profissionais para o atendimento de “demandas da sociedade”.

Por todos os aspectos considerados ao longo deste trabalho fica claro, portanto, que para a indagação sobre a profundidade e abrangência do processo educacional da engenharia feita na apresentação desta tese, a resposta é que não se trata efetivamente de criar as condições para a formação de engenheiros que sejam apenas técnicos competentes e socialmente educados, mas sim uma formação que propicie as condições para o desenvolvimento de capacidades socialmente críticas e criativas, no sentido que vejam a técnica como meio para fins sociais acordados entre todos os participantes do processo de transformação tecnológica, ou seja, que o conhecimento tecnológico seja posto a serviço da sociedade e não o contrário. E isto constitui já uma proposta de mudança substancial.

Muitos dos modelos propostos de perfil profissional para os engenheiros, tanto conservadores quanto progressistas, parecem assentar-se numa visão de engenharia que fundamentalmente enxerga o profissional como um ator que é detentor de conhecimentos técnicos que podem ser disponibilizados ao sabor dos interesses de

plantão, aparentemente minimizando a importância das visões de mundo desses profissionais. Infere-se daí que esses indivíduos consigam simplesmente “desconectar”, por efeito de uma formação objetivada, a técnica da sociocultura em que ela será disponibilizada, preocupando-se apenas com a eficiência técnica, já que a relevância social da atividade estaria tacitamente subsumida. Por mais nobre que sejam os fins, esta postura constitui, como se procura mostrar, uma visão limitada que dificulta inclusive estruturar adequadamente os próprios processos de transformação defendidos, porque muitos dos engenheiros irão ocupar posições em instâncias decisórias do poder. Há um velho pressuposto de que ao engenheiro cabe *fazer sem perguntar para que*, que é falso e não cabe no contexto de um mundo que exige cada vez mais a participação ativa e comprometida dos cidadãos.

Para tecer considerações a respeito da construção do currículo, há que se considerar o que talvez esteja na base dessa construção, que é a definição clássica que os engenheiros dão de sua profissão, e a relativamente recente mudança do caráter dessa definição, realizada, talvez, em função de questões éticas relacionadas aos interesses do mercado.

A definição formal que os engenheiros dão de sua profissão, em qualquer uma de suas versões, afirma o caráter do seu comprometimento social, desde a definição original do século 18 atribuída a Thomas Tredgold (do rascunho de Tredgold da Associação Britânica de Engenheiros Civis, 1828). A definição clássica dá conta de que a engenharia é “a aplicação de princípios científicos para a conversão ótima dos recursos naturais em estruturas, máquinas, produtos, sistemas e processos para o benefício da espécie humana”.³¹ Há, contudo, novas interpretações dessa definição (Mitcham, 1998, pp. 27-47), como será visto adiante.

Por conta disso, infere-se que os projetos educacionais para a área tecnológica devem favorecer o conhecimento das realidades e interesses sociais mais abrangentes a que se destinam os conhecimentos técnico-científicos, seus propósitos e seus projetos de superação das vicissitudes humanas, para justificar o pressuposto maior de que a tecnologia visa ao bem-estar da humanidade.

Entretanto, mais recentemente uma nova interpretação daquela definição parece ter procurado adaptar o sentido da atividade engenheiril a uma condição

³¹ Nova Enciclopédia britânica (1995), Micropédia v.4, p. 496.

talvez mais realista. E esta nova definição está presente nas novas diretrizes curriculares para os cursos de engenharia, de modo que cabe aqui uma análise.

Falar de currículo é também falar de ética. Afinal, os engenheiros estarão na mesa de negociação que definirá a ética profissional a ser seguida. E esse é, a meu juízo, um dos papéis básicos da atividade acadêmica: a auto-avaliação contínua de seus procederes, da sua sintonia com a sociedade em seu sentido mais amplo, assentada numa base ética. E a ética, como afirmava Sartre, não é obrigação, mas um modo de vida, de modo que uma ética fixa é impossível de seguir. Daí a sua dinamicidade e, por conseguinte, a necessidade de estar permanentemente em debate.

As questões éticas da engenharia começam já no dilema provocado pelo caráter normativo da atividade, presente na sua definição. Como ela vincula as produções da engenharia ao benefício da humanidade, supostamente qualquer ação que possa estar relacionada a potenciais danos sociais e culturais associados a essa atividade pode ser considerada como eticamente problemática. E isso merece uma ampla análise por todos os envolvidos com essa atividade e suas produções.

Preocupações da natureza dos envolvimento mais amplos da profissão estão presentes nas novas diretrizes curriculares para as engenharias, homologadas em abril de 2002, e também nas propostas da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (ABENGE, 1999, p. 3). Apesar de continuar tratando de forma fragmentária, as novas diretrizes apresentam avanços importantes na direção de uma maior interação entre engenharia e sociedade, e em certo sentido superam os critérios de mesma natureza expressos nos *Criteria for Accrediting Engineering Programs*³² da ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology)³³ para o ensino de engenharia norte-americano, com os quais as novas diretrizes mantêm alguma correspondência.

As Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação em Engenharia³⁴ expressam no seu artigo 3º:

³² <<http://www.abet.org/criteria.htm>>.

³³ A ABET surgiu do Engineer's Council for Professional Development ou ECPD, este fundado em 1932.

³⁴ CNE. Resolução CNE/CES 11/2002. Diário Oficial da União, Brasília, 9 de abril de 2002. Seção 1, p. 32.

Os Currículos dos Cursos de Engenharia deverão dar condições a seus egressos para adquirir um perfil profissional compreendendo uma sólida formação técnico-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 seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística em atendimento às demandas da sociedade (CNE/CES 11/2002).

Contudo, percebe-se neste artigo uma sutil, mas importante diferença com relação ao aspecto normativo da atividade presente na definição de engenharia, quando expressa que a atividade deve orientar-se para o “atendimento das demandas da sociedade” (o mesmo que nos *Criteria* da ABET). Uma tal alteração substitui o caráter normativo da profissão (da definição clássica) por um processo contexto-dependente e valorativamente neutro (Mitcham, 1998), o que sugere novas interpretações e envolvimento e apresenta novas questões éticas.

Para Mitcham,

quando a meta de projeto de engenharia é reduzida de humanamente útil e benéfica para um processo dependente de contexto, então as humanidades e as ciências sociais se apresentam como os meios para entender e avaliar tais contextos. Caso contrário os engenheiros não seriam mais que pistoleiros contratados – e poderiam servir igualmente bem a profissão como projetistas de campos de concentração ou de plantas químicas verdes (não poluentes) (Mitcham, 1998, p. 33).

A supressão do caráter normativo da profissão pode ser analisada no contexto das relações de mercado. As pressões para expansão do mercado, associadas aos desenvolvimentos tecnocientíficos, podem introduzir questões éticas que dificultem a plena realização das capacidades técnicas que estão sendo formadas, uma vez que não há nada na técnica, vista como coisa em si mesma neutra – como ferramenta –, que a vincule com determinado tipo de comportamento social prévio, o que constitui uma fonte de dilemas éticos a que são submetidos muitos engenheiros e tecnólogos. A engenharia genética pode servir como exemplo de atividade onde essas questões

parecem emergir de modo dramático, mas, em princípio, podem ser identificadas em qualquer outra atividade da engenharia.

Neste contexto, propõe-se que sejam criadas as condições para que os engenheiros e os professores de engenharia, atores importantes do processo de transformação tecnológica e social, que têm lugar reservado na mesa de negociação sobre os rumos das coisas tecnológicas, possam fazê-lo com uma pertinente consciência social. No entanto, a formação eminentemente técnica (e compartimentada) dificulta a participação consciente desse profissional num processo de decisões democráticas que cada vez mais exigirá uma capacidade de negociação. No contexto deste trabalho evidencia-se uma compartimentalização da formação em termos de uma dicotomia entre técnica e sociocultura em todas as instancias de formação, da construção do currículo à atividade didática.

Neste sentido, a substituição do caráter normativo da atividade por um outro mais flexível, contexto-dependente, nas diretrizes curriculares deve ser analisada com cuidado. Talvez efetivamente não seja mais cabível manter o caráter normativo da antiga definição de engenharia para o mundo atual. Se isso corresponde à realidade, então essa nova perspectiva remete a um compromisso ainda maior dos professores de engenharia (e é atinente a todo o sistema pedagógico) com a compreensão das interações da atividade técnico-científica com a sua sociedade, buscando evitar que a regulação da atividade seja deixada a cargo apenas de profissionais das áreas de ciências sociais aplicadas, por força de uma limitação formal do campo de ação, já que lhes teria sido subtraída, via currículo, uma clareza do caráter sociocultural da engenharia (e da tecnologia) expressa pelo compromisso profissional com o benefício social.

Os vários aspectos das interações da engenharia e do seu ensino aqui trabalhados apontam para uma visão de currículo que seja capaz de possibilitar uma pertinente ruptura com o pensamento hegemônico centrado nos seus pressupostos legitimadores. Assim, há que se criar condições no currículo que permita explicitar contradições e problematizá-las, desestabilizando o que está posto, ou o que se inscreve numa escatologia incompatível com o processo de transformação em curso, para em seguida reconstruir as relações.

De acordo com Cunha e Borges, admite-se que o currículo apresenta como princípio, entre outros, um potencial de construção de conceitos, de

produção/reprodução de valores, de validação de conhecimentos, de estabelecimento de verdades, de influir nas visões de mundo das pessoas e de formar identidades de tal modo que a construção curricular envolve aspectos que não aparecem explicitamente no esboço final do currículo como produto acabado (Cunha e Borges, 2001, pp. 41-47). Alguns desses aspectos, ou significados a que se referem esses autores, explicitados e discutidos nesta tese, objetivam contribuir como base ao desenvolvimento do currículo, com a finalidade de se procurar compreender seus significados e seus fins no contexto histórico e sociocultural para o qual ele está sendo estruturado.

Em concordância com críticos do currículo, considera-se que o currículo não deve ser tratado como um elemento isolado do contexto social de produção, de modo que, sendo fruto da interação de forças e pressões sociais diversas, está impregnado dos valores e ideologias dos grupos dominantes. O currículo tem, portanto, relação com um modelo de sociedade, uma vez que através dele a carga hegemônica é difundida (valores, conceitos, interpretações dos fatos sociais, visões de mundo). Desse modo, para construir um currículo numa perspectiva transformadora, é preciso reconhecer o modelo de sociedade em que se inscreve o currículo (*Op. Cit.*). Tomas Tadeu da Silva faz uma breve e contundente descrição do modelo que com frequência emerge nos discursos sobre o currículo:

O projeto hegemônico, neste momento, é um projeto social centrado na primazia do mercado, nos valores puramente econômicos, nos interesses dos grandes grupos industriais e financeiros. Os significados privilegiados desse discurso são: competitividade, flexibilização, ajuste, globalização, privatização, desregulamentação, consumidor, mercado. Nesse projeto, a educação é vista como simplesmente instrumental à obtenção de metas econômicas que sejam compatíveis com esses interesses (Silva, 1999, p. 28, *apud* Cunha e Borges, 2001, p. 44).

Para estes autores, “uma abordagem do currículo que permanece submissa à primazia do mercado pode reduzir o projeto educacional a um sistema de treinamento de pessoas”. Essa postura fatalmente exclui o questionamento dos significados social, cultural e ético dos modelos de produção, e limita-se a aceitar as “regras”

implícitas do sistema hegemônico, passando a reforçá-lo. Assim, ao invés de se apresentar como uma possibilidade de transformação de estruturas, o currículo acaba por “reforçar a lógica do mercado, da produção, da competição desenfreada” (*idem*, pp. 44-45), contrapondo-se à busca de um maior equilíbrio nas relações sociais e contribuindo para a ampliação das desigualdades socioeconômicas.

O que se propõe aqui é que ao se trabalhar o currículo de engenharia – seu projeto, reformulação e implementação – sejam considerados como elementos para a discussão do currículo, entre outros, temas que se orientem pelos enfoques aqui desenvolvidos, dado que pontos usualmente considerados, tais como a definição do perfil desejado do profissional, a descrição das competências, atitudes e habilidades requeridas, a elaboração dos conteúdos e saberes que atendam a esses requisitos, a estruturação dos métodos a serem desenvolvidos, estão intimamente relacionados com essas abordagens.

No que concerne à inclusão dos campos interdisciplinares – Humanidades e Ciências Sociais – no currículo, as novas diretrizes parecem se aproximar das diretrizes que existiam até a década de 1970, acrescidas da abordagem da Cidadania e das Ciências do Ambiente. Essas áreas temáticas são colocadas num “núcleo de conteúdos básicos” (poder-se-ia sugerir um paralelismo com o ciclo básico da época), com cerca de 30% da carga horária mínima, o que pode redundar num equívoco sob o ponto de vista didático, quando se propõe trabalhar sob a perspectiva da transversalidade (ver 4.9), já que esses temas dificilmente voltarão a ser tratados explicitamente nos conteúdos técnicos do “núcleo de conteúdos profissionalizantes”, permanecendo ocultos, novamente promovendo (ou mantendo) uma dissociação histórica que fere o espírito da promoção das interações entre ciência, tecnologia, sociedade e natureza, subsumido no Artigo 3º. Certamente a inclusão destes campos do saber no currículo representa uma conquista, mas ainda não convenientemente tratados no currículo para que o caráter e a efetividade da inclusão daquelas abordagens sejam integralmente satisfeitos.

Para esta perspectiva não seria adequado endereçar (ou especificar posições) para os temas transversais nas diretrizes curriculares, porque eles devem permear as temáticas técnicas (tópicos) do “núcleo de conteúdos profissionalizantes” (como são atualmente estruturadas nas diretrizes), em concordância com a idéia de que a grade curricular não precisa, pelo menos de momento, ser modificada substancialmente.

Mas o mesmo não se propõe para os conteúdos disciplinares. Para estes, a introdução de temas transversais é interpretada como base para uma educação tecnológica transformadora.

Cabe realçar e defender que os temas transversais aqui referidos dizem respeito às interações socio-eco-sistêmicas da tecnologia, ou seja, devem estar preferencialmente orientados para temáticas como as aqui tratadas, já que as propostas a elas vinculadas visam a ampliação do campo de competência da engenharia em termos sociais, culturais e ambientais.

Muitos dos problemas não-técnicos associados à atividade da engenharia, que se inserem em temas interdisciplinares já propugnados nas novas diretrizes, podem ser tratados didaticamente através de temas transversais. Assim, numa primeira proposição de aproximação das abordagens aqui tratadas, esta poderia constituir uma maneira bastante satisfatória de introduzir as questões subjacentes da técnica nas disciplinas.

Há elementos nesta tese que permitem propor algumas estratégias que apontem para um currículo que contemple uma educação transformadora em engenharia, orientada para o que é socialmente relevante. Num tal contexto, o caráter da relevância social orienta-se pelo equilíbrio entre fatores técnicos e socioculturais, visando ao atendimento de demandas definidas por todos os setores da sociedade, e não apenas de uma suposta primazia do conhecimento tecnocientífico, o que implica também a busca da superação da perspectiva tecnocrática e a descentração do tecnocentrismo.

Do mesmo modo, visa a superação da primazia do mercado na orientação da estrutura do currículo, de modo a que os aspectos sociais, culturais, econômicos e ambientais ocupem o devido espaço na formação de engenheiros.

Neste contexto, em concordância com os teóricos críticos do currículo, é totalmente inadequado considerar o currículo como um campo neutro e desinteressado, simplesmente porque não corresponde à realidade das relações sociais, dado que a definição de qual conhecimento deve ser corporificado no currículo ocorre num espaço de disputa de poder (Cunha e Borges, 2001).

A escolha de um conhecimento em detrimento de outro na composição curricular não é uma questão de verdade e de legitimidade, mas de escolha entre o

que é considerado verdadeiro e legítimo. Nesta perspectiva, conforme destaca Cortella (1999), o conhecimento não pode ser entendido sem conexão com sua produção histórica, isto é, o conhecimento é fruto de uma convenção (*idem*).

Na concepção freireana (Freire, 1998), aprender implica não apenas adaptar, mas, sobretudo, transformar a realidade, para poder nela intervir e recriá-la. Nesse sentido, um modelo educacional crítico deve possibilitar a compreensão da “estrutura que está presente na racionalidade do mundo moderno...” (Prestes, 1994, p. 99) e permitir formar o sujeito reflexivo em relação à realidade social na qual se insere uma vez que considera as relações de poder com a qual o conhecimento se constitui (Cunha e Borges, 2001).

4.9 Novas perspectivas para o ensino de engenharia. Convergências curriculares

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 corretamente para a avaliação dos trabalhos de pesquisa acadêmica.

Em linhas gerais, quando se fala em ensino de engenharia, são considerados basicamente levantamentos esporádicos realizados por educadores que, embora estejam vivamente preocupados com um quadro que individualmente vislumbram para uma dada situação, atuam, no mais das vezes, desprovidos de fundamentação teórica que permita realizar análises mais consistentes, realísticas e promissoras do empreendimento a que se propõem. A razão fundamental é evidente, mas de difícil solução, porque exige mais do que a formação eminentemente técnico-científica pode oferecer, como se procura mostrar nesta tese.

Uma questão que costuma freqüentar discussões acerca dos cursos superiores é a certeza de que eles não cumprem adequadamente vários de seus objetivos precípuos como, por exemplo, o de formar indivíduos tecnicamente capazes e com visão social

crítica e criativa. Como regra geral, o que mais ocupa as discussões a respeito desse tema são tentativas de programar uma equilibrada distribuição dos conteúdos técnicos ao longo dos semestres letivos. Se por um lado tal certeza não passa de mera suspeita, pois muitas vezes é externada sem um devido diagnóstico e, freqüentemente, sem um adequado embasamento teórico, por outro não se pode negar que deve de fato haver um certo distanciamento entre o desejável e a atuação prática do cotidiano. Isso sem fazer referência a uma pretensa situação ideal, onde fosse buscada uma educação transformadora e com forte embasamento técnico-científico, que garantisse uma formação de indivíduos com bagagem de conhecimentos mais duradoura. Um pouco que seja, também comungo de alguma forma com essa tendência, talvez por força de experiências de mais de 25 anos de magistério na área técnica, onde viceja essa interpretação.

Uma coisa é certa e emerge em vários pontos deste estudo: a maneira como o processo educacional é organizado reflete-se na formação de seus egressos, influenciando sobremaneira na atuação profissional. Na verdade, para qualquer modelo adotado para realizar o ensino, ter-se-á algum tipo de reflexo, seja ele positivo ou negativo. Uma forma de atacar o problema é conseguir a minimização dos aspectos considerados negativos, não esquecendo que, queiramos ou não, há uma base ideológica que permeia qualquer ação pretendida. E não basta proclamar-se isento de uma ideologia para estar livre disso, até porque esse comportamento já representa adotar uma posição ideológica. Independentemente do que defendemos ou imaginamos, uma ideologia sempre estará presente nas nossas ações, explícita ou implicitamente.

Outro ponto importante a ressaltar, contradizendo uma versão mais ou menos teorizada, proveniente do senso comum e que, no fundo, pouco se afasta dela, é que talvez nem sejam necessárias substanciais alterações curriculares, em termos de conteúdo ou disposição, para se melhorar o quadro atual do ensino de engenharia. Nem há qualquer indício, que resista a uma reflexão crítica mais consistente, de que tal medida pudesse surtir efeitos significativos. Corroboram essa afirmativa os incontáveis trabalhos (fartamente disponíveis na literatura) produzidos na direção de provocar mudanças na “grade curricular”. Nessa direção também colaboram inúmeras alterações curriculares (alterações de disciplinas) de que se tem notícia. Em muitos casos, seus efeitos, por melhor boa vontade e boas intenções que seus protagonistas possam apresentar, acabam por se diluir no tempo, sendo tão remendadas por força de

necessidades práticas que acabam por ser profundamente desfiguradas.

Se essas ilações correspondem à verdade, é bem provável que a grande questão não está (pelo menos não majoritariamente) naquilo que entendemos como currículo, entendido agora como “grade de disciplinas”, ou coisa parecida. A questão deve ser, portanto, estrutural, tendo uma parcela significativa de seus problemas fundamentada na postura do docente, dizendo respeito à conscientização do papel por ele desempenhado e à sua efetiva identificação com os objetivos do processo educacional de que participa.

Esta, porém, é uma questão delicada. Se todos nós desempenhamos legalmente nossas funções docentes, com competência técnica e reconhecimento de nossos pares, é lícito imaginarmos que cumprimos a contento nossas funções. Então, por que pensar em mudanças conceituais, tais como as que decorrem das reflexões contidas neste estudo?

Mas a questão não se esgota aí. As colocações anteriores dizem respeito a comportamentos que nos atingem num plano mais consciente; talvez por isso sejam (aparentemente) de mais fácil discernimento. Existem outras questões por trás disso tudo. Se temos uma prática que, no entendimento corrente, é de alguma forma vencedora, mudar significaria confrontarmo-nos com uma forma agressiva de mudança comportamental que pode pôr inclusive em xeque os conhecimentos que dominamos, e que são referendados pela instituição de ensino. Acrescente-se a isso uma certa postura de inúmeros docentes que relutam em atualizar seus conteúdos e técnicas didáticas, o que é alimentado por um certo “espírito de corpo” que está presente em todo grupo profissional, e que dificulta ainda mais qualquer tentativa de mudança. E seria ainda mais problemático se essas mudanças implicassem uma transformação íntima do conceito da própria atividade profissional. Tais resistências, contudo, constituem de certo modo uma segurança contra atitudes irresponsáveis ou que ofereçam riscos demasiados aos ganhos sociais obtidos com o sistema estabelecido. O que se defende aqui é que as transformações no ensino de engenharia, decorrentes de demandas sociais diferenciadas, sejam acompanhadas de uma adequada formação dos participantes diretos desse processo, formação esta que necessariamente considere ao menos alguns dos aspectos socioculturais de uma sociedade tecnológica.

Uma consequência disso tudo pode ser percebida quando alguém tenta, por exemplo, alterar um quadro que valoriza mais quem sabe a resposta do que quem sabe

procurá-la ou desenvolvê-la. Aliás, o próprio processo produtivo contribui de forma significativa para reforçar esse quadro quando adota e reproduz modelos funcionais baseados em respostas prontas, fechadas, idealizadas, talvez descoladas das realidades vivas que serão mais tarde encontradas no mercado de trabalho. Queiramos ou não, isso acaba por completar o círculo vicioso. Sem a necessária criticidade, que deve caracterizar toda atividade acadêmica relevante, reproduz-se esse comportamento como se ele fosse o único correto e indiscutível.

Uma visão problematizada

Um primeiro entendimento que se firma é uma provável origem dos problemas que afligem as escolas de engenharia no Brasil, como de resto a toda a sociedade, e que seriam dependentes dos padrões socioeconômicos a que se está sujeito por determinações históricas. Pelo menos de forma direta, não é disso que se trata aqui.

Wilson cita três quesitos que se pode adotar como apoio para uma análise mais consistente acerca da influência da ideologia norte-americana no sistema de ensino de engenharia no Brasil (Wilson, *apud* Giroux 1986):

a) Uma tendenciosidade anti-reflexiva e antiteórica, já notada, que nos tempos mais “liberais” se estendeu a virtualmente toda a atividade intelectual.

Isso é bastante aguçado na engenharia, onde a necessidade cada vez mais premente de competitividade coloca em destaque absoluto a produção em detrimento de qualquer enfoque humano e social que possa e deva se dar. Isso é feito de forma tão inconsciente e automática que a maioria dos professores de engenharia chega a rechaçar, sem qualquer reflexão a respeito, questões desse tipo.

b) Uma preocupação mais recente pela acumulação de “conhecimento”, entendido como observações mais exploráveis (ou observações, em princípio), tendo aplicação e “relevância” imediata.

Com isso acentua-se mais ainda a desvinculação do ensino de tecnologia de qualquer análise social que destrua o pressuposto, já arraigado entre grande parte dos engenheiros, da propalada neutralidade científica que colabora de forma tão significativa na formação da imagem fria, destituída de “humores sociais” do indivíduo que trabalha com experimentação científica. Isso leva ao terceiro ponto destacado por Giroux.

c) Um falso compromisso com a “objetividade”, na ausência do objetivo apropriado, derivado de um racionalismo científico com sua noção não-reflexiva de neutralidade, ceticismo e não-dependência de valores e interesses.

Não se pode pautar o ensino de engenharia apenas numa visão de desenvolvimento tecnológico, achando que o comportamento social é adaptável a qualquer mudança tecnológica. Esse talvez seja um ponto chave, derivado dos anteriormente apontados, que pode servir de mote para um ataque efetivo a um dos problemas cruciais do ensino de engenharia, que diz respeito diretamente à contextualização de suas aplicações e resultados, e que está na base de atitudes deterministas e tecnocráticas.

A forma como têm sido planejados e desenvolvidos os cursos de engenharia conduz a um desmembramento bem delineado em duas partes: um ciclo básico e um ciclo profissionalizante. E, o que é pior ainda, impõe um completo distanciamento entre as disciplinas que compõem o todo, tornando o processo cognitivo ainda mais complexo e desestruturado.

No primeiro ciclo – o básico – uma seqüência ordenada de disciplinas é planejada para “repassar” aos estudantes os fundamentos necessários ao próximo ciclo. Porém, na prática, tem-se observado que não raramente estes conteúdos têm sido colocados como se tivessem fim em si mesmos, relegando a um plano secundário o papel primordial de um curso de engenharia, que, na perspectiva aqui tratada, é o de formar engenheiros profissionalmente eficientes mas também cidadãos críticos e atuantes não só no mercado de trabalho, mas na sociedade, entendida aqui de forma bem ampla. Já no ciclo profissionalizante, em muitas situações, acaba-se por privilegiar mais o processo informativo do que o formativo, tendo como respaldo os prováveis conhecimentos trabalhados no ciclo anterior e como meta a atuação profissional futura.

Destaque-se, nesse caso, que o que acaba prevalecendo é uma visão, muitas vezes estereotipada, que cada professor tem acerca do mercado de trabalho, do próprio sistema produtivo e, como aqui tem sido enfatizado, das relações que a partir daí são estabelecidas com a sociedade.

Essa imagem é também permeada por novas posturas institucionais e pedagógicas que se estabelecem a partir de novas práticas sociais em algumas escolas de engenharia, decorrentes das pressões transformadoras em certa medida impostas pelos programas de desenvolvimento integrado, que se materializam através dos cada vez mais presentes sistemas de parceria. Desde que na maioria dos casos as parcerias se dão com empresas, tem-se como uma consequência ainda mais evidente, uma tendência ao aumento da parcelização e fragmentação que também se manifesta na própria organização das estruturas departamentais das instituições que adotam o sistema, onde os grupos de pesquisa tendem a adaptar a estrutura pedagógica a finalidades mais particulares e alinhadas aos interesses do grupo, ou dos temas de que tratam esses grupos de especialistas, temas estes muitas vezes estabelecidos em função dos interesses das parcerias. Evidencia-se aí um processo que tende a reduzir fortemente a formação de profissionais a aspectos técnicos parcelares, em detrimento de comprometimentos sociais mais amplos, dado que esse comprometimento tende a ficar restrito apenas a interesses específicos. Essa tendência parece legitimar o discurso de que a Instituição está desse modo promovendo interação social. Entenda-se que esta crítica não depõe contra o sistema de parceria, que pode ser mais uma ponte interessante para o processo de formação de engenheiros e um papel da Universidade, mas é preciso ter clareza de que os interesses empresariais e acadêmicos são diferentes e nem sempre podem ser harmonizados, inclusive porque a Universidade como Instituição Social possui compromissos sociais muito mais amplos. E as engenharias não constituem uma exceção, porque, como é evidenciado neste estudo, as suas interferências sociais e ambientais são notórias.

Ressalta-se que a falta de integração entre as diversas disciplinas componentes de um curso de engenharia e a falta de lógica mais consistente no tratamento das grandes questões educacionais tiram a garantia de continuidade do processo de formação, e inibem uma maior sintonia do processo com a formação de cidadãos técnica e socialmente críticos e comprometidos.

Da análise destes e de outros aspectos da situação vigente infere-se que isso

ocorre, por um lado, em função de um duplo despreparo dos professores: como professores não possuem a necessária formação pedagógica e epistemológica, e como engenheiros estão dissociados do dia-a-dia da profissão para a qual colaboram com parte substancial da formação (o sistema de parceria pode, se adequadamente estruturado, minimizar este fato). Que não se entenda essa declaração como uma defesa de se ter profissionais da engenharia, com vivência prática no mercado de trabalho, atuando como docentes. Se, por um lado, acredita-se que essa colaboração é importante, por outro lado é preciso deixar claro que se tem aqui uma viva tendência em prol da defesa de uma profissionalização do pessoal docente, com formação específica para tal. Mas o fato é que, grosso modo, o despreparo dos professores contribui para essa visão compartimentada que permeia o ensino de engenharia, onde cada disciplina é encarada como um curso à parte, com começo, meio e fim próprios, subsistindo independentemente das demais. A inexistência de formação específica para a prática da docência – de caráter interdisciplinar – contribui decisivamente para esse quadro.

Complementa-se aqui a crítica ao que se instituiu como programa de formação de docentes de engenharia por meio dos estágios-docência nos programas de pós-graduação. Para os entendimentos aqui apresentados, a prática do estágio-docência mostra-se pouco efetiva para o processo de formação de professores numa perspectiva transformadora, porque ela é desenvolvida em bases que apenas reforçam a reprodução de práticas que são entendidas, no contexto desta tese, como pouco adequadas ou incapazes de responder às pressões transformadoras por uma ampliação do campo de competência da engenharia, ou seja, das suas interações substantivas.

Teoria e prática no ensino

O ensino de engenharia no Brasil, conforme tratado no capítulo 2, é embasado numa tendência empirista passiva e registradora onde se prega, em grande parte dos casos, uma postura que se poderia denominar de antiteórica. Essa característica implica um comportamento menos questionador dos aspectos não neutros da ciência e da tecnologia, na qual se argumenta que a experiência concreta é a grande responsável pelo conhecimento. Não se deve confundir, por exemplo, postura teórica com o tratamento de modelos matemáticos. Há professores de engenharia que buscam nestes

constructos justificativas para afirmarem serem os seus ensinamentos formulações abstratas que garantem a necessária formação teórica.

Na busca de paliativos, quando não se tem base para tais análises, chega-se ao limite, em diversas situações, de argumentar que o grande problema das escolas brasileiras de engenharia está na falta de aulas práticas. O professor precisa se conscientizar, e isto requer uma mudança de postura que não é de fácil aceitação e implantação, que a tarefa do aluno não deve se reduzir a procurar “acertar” experiências previamente elaboradas, com roteiro de procedimentos fornecidos e gabarito de respostas vinculado ao ritual didático. O valor cognitivo de semelhante procedimento é, no mínimo, duvidoso. Para começar, o estudante deveria ter oportunidade de contextualizar as experiências de que participa. Deveria também poder selecionar os “bons fatos” sabendo do que se trata e de onde surgiram, sendo inclusive incitado a construí-los formalmente, procurando perceber como formular novas relações fecundas e, ao mesmo tempo, definir novas funções e novos esquemas teóricos. Situa-se aqui, por exemplo, o estabelecimento de critérios de projeto em que sejam considerados aspectos não usuais, como temas transversais, ou auferidos de necessidades construídas com os estudantes, com base em suas concepções do tema em estudo. Retornar-se-á a este assunto mais adiante.

Mas a prática apresenta-se um pouco diferente disso. Costuma-se inclusive reprimir o aluno que se permite adotar semelhante procedimento, com locuções tais como “bastava fazer isso...”, “era suficiente que...”, como uma espécie de reprovação por ele ter ousado não cooptar com um ritual previamente “acordado”. Não se dá conta este professor que é justo na exploração de novos domínios, muito mais factíveis de erros, é certo, que está a possibilidade da construção do conhecimento. Aliás, na pedagogia do erro e da exploração do novo encontra-se uma fecunda fonte de aprendizado significativo. Costumo dizer aos meus alunos que eles se encontram numa posição privilegiada, enquanto forem alunos, porque podem errar sem medo de por em risco a integridade das pessoas e do ambiente. Vou mais além, convidando-os a usufruírem o benefício da dúvida, numa relação dialética que é fonte de uma construção de conhecimento crítica e criativa. A superação da pedagogia que supervaloriza o adestramento, que não nasceu senão por obra de uma fundamentação epistemológica equivocada (ou ausência dela), implícita ou explícita, é, ao meu juízo, uma tarefa fundamental para a melhoria do ensino de engenharia.

Não se quer afirmar que aulas práticas não sejam componentes importantes do processo pedagógico. Mas não se pode perder de vista que muitas vezes o incentivo exacerbado dado às práticas dentro das escolas de engenharia é uma forma subliminar de tornar irrelevante a teoria e principalmente a reflexão no processo de aprendizagem. Isso por si só já justifica o caráter “mágico” que se procura deixar transparecer dos tão costumeiros remendos curriculares, que via de regra acontecem em detrimento da importância dos processos cognitivos.

Não é difícil concluir que pouco adiantaria alterar os currículos dos cursos, pois isso não implicaria, necessariamente, significativas melhorias no processo de ensino. Acrescentando as limitações estabelecidas pelos currículos mínimos legais, percebe-se que essa melhoria na qualidade dos cursos não pode ser calcada majoritariamente em alterações curriculares. É preciso também reconhecer que seria até inócua tal medida, uma vez que, agindo assim, efetivamente se estaria processando um ritual de substituição de ementas que, não raras vezes, nem cumpridas são. Tirar-se-iam das mãos dos professores ementas não cumpridas, substituindo-as por outras que muito provavelmente teriam destinos semelhantes.

Além do mais, é fácil constatar que todos os cursos de engenharia da mesma área e habilitação, com pequenas variações, possuem currículos muito semelhantes. Adicione-se a isso, que essas estruturas curriculares, por conta de uma tendência à valorização de fatores exógenos da cultura (um traço histórico na cultura brasileira), tende em alguns casos a reproduzir currículos criados para as necessidades consideradas relevantes para a sociedade de onde se originaram, sem a devida ou pertinente análise das especificidades internas. Novamente, é preciso esclarecer que não se está defendendo um enclausuramento ou uma endogenização cega da cultura técnico-científica, o que representaria ao nosso juízo um empobrecimento do conhecimento da engenharia. Ao contrário, defende-se que a prática dialógica é extremamente rica para a dinâmica das transformações e para a ampliação do conhecimento da engenharia e diversificação da atividade, o que a torna socialmente ainda mais relevante.

Em face disso, é lícito considerar que a diferenciação predominante na qualidade dos diversos cursos, nas diversas instituições do país, seja fruto muito mais das condições materiais, das disponibilidades de recursos e do grupo docente que, em função de sua formação didático-pedagógica (ou profissional), permite (ou garante), ao

menos, uma mínima unificação do processo ensino-aprendizagem.

Uma busca de soluções

Colocadas as razões e as questões acima, pode-se tentar estabelecer uma estrutura para uma provável investigação. É bom ressaltar aqui, até para que não passe despercebido, como é comum em assuntos que pareçam “não-científicos”, que a solução não vem num passe de mágica, e que necessita e requer pessoas qualificadas, dentro da área, para tratar do assunto de forma consistente e profissional. Talvez esteja na hora de acabar, pelo menos em grande parte, com a busca de soluções prontas respaldadas no senso comum ou em importações e reproduções acríticas para lidar com problemas que têm tratamento teórico e profissional já satisfatoriamente sistematizado.

Afinal, usando um argumento chave que ganha ares de dogma dentro das escolas de engenharia, a otimização de resultados deve ser uma busca incessante, e todas as variáveis envolvidas no problema devem ser trabalhadas. Então, por que as questões pedagógicas e epistemológicas não mereceriam tratamento semelhante?

Imagine-se uma situação em que um leigo no assunto resolvesse construir um trocador de calor. Do senso comum este cidadão poderia colher informações importantes e relevantes para tal trabalho. Daí saem, por exemplo, o conhecimento de que se trata de colocar em contato um fluido mais quente com outro mais frio, ou dois corpos com diferentes temperaturas. Dominado minimamente o fenômeno, ele poderia até construir um bom trocador, que talvez tivesse um rendimento térmico razoável. Mas obter um equipamento eficiente, seguro, bem construído, com baixo custo, requer mais do que simplesmente dominar alguns de seus aspectos empíricos básicos; é preciso otimizá-lo, o que implica a concorrência de profissional habilitado para tal. Se esse raciocínio é endossado por engenheiros, que lógica teria a não-aceitação da profissionalização no processo de ensino, e na otimização desta atividade?

A hipótese central que se coloca aqui, respaldada pelo entendimento de que o professor de engenharia é também um educador, é que a formação do pensamento científico-tecnológico e a apropriação deste conhecimento, calcadas estritamente numa concepção empirista-positivista, não serve mais como fundamentação para a prática pedagógica, que por si só também é empirista, que possa dar conta da formação de um

engenheiro de futuro, para uma sociedade que se transforma.

É prejudicial e desatualizada a postura de tomar, numa relação sujeito/objeto do conhecimento, o objeto como o único responsável pela aquisição do conhecimento, o que resulta no entendimento de que os “fatos não mentem” ou “falam por si”, ou seja, que o conhecimento verdadeiro é baseado em fatos e dados da experiência dos sentidos – desconsiderando que esses fatos constituem interpretações do real –, pois isso força o educando a ter uma visão menos crítica do mundo que o cerca.

Isto identificado, fatalmente surge a pergunta: qual deveria ser o comportamento didático-pedagógico a ser adotado nas escolas de engenharia? Não é uma resposta a esta questão o que se pretende dar aqui. Seria contraditória uma postura neste sentido, pois se estaria negando toda a linha de frente da discussão até aqui formulada, que refuta a busca de soluções mágicas para um tema que é multifacetado. O que se propõe é vasculhar novas formas de abordagem da construção de conhecimentos para a formação do engenheiro moderno, baseadas num compromisso formal de encaminhamento por meio da ação interdisciplinar que se baseia em interações significantes, o que, no entendimento aqui trabalhado, só será conseguido na medida que o modelo pedagógico for paulatina e perenemente construído pelos participantes do processo.

Para não ficar apenas no terreno da denúncia de problemas sem apontar saídas para soluções, mesmo que limitadas, propõe-se que um caminho para o enfrentamento destas questões deve passar por uma compreensão da epistemologia e de elementos da análise sociotécnica associados à formação de indivíduos com embasamento técnico. Um entendimento mínimo das relações professor-aluno, das vertentes epistemológicas e filosóficas, de questões didático-pedagógicas e políticas que ultrapassem o simples caráter opinativo pode contribuir, e muito, para a formação em engenharia. A construção de conhecimentos deve depender tanto do professor quanto do aluno, pois ambos estão inseridos num contexto que tem, sim, uma dependência mútua em caráter social, histórico, econômico e, acima de tudo, humano.

Uma possibilidade didática: a transversalidade

A interdisciplinaridade é apresentada neste estudo como fundamental para uma

transformação efetiva do processo de formação em engenharia, porque permite inter-relacionar áreas do conhecimento historicamente distanciadas entre si, conferindo uma nova dimensão ao conhecimento da engenharia que até agora estava oculta e por isso mesmo era pouco valorizada. Esse novo contexto, para o qual uma formação com visão abrangente dos atores já se apresenta como necessidade também para a área técnica, faz-se sentir nas pressões por transformações curriculares que busquem reduzir a fragmentação do conhecimento e, nesta direção, além da interdisciplinaridade, a transversalidade adquire uma importância significativa, já que possibilita operar ao nível didático a dimensão epistemológica presente na interdisciplinaridade.

No entanto, essa abordagem do processo de formação requer que se estabeleça um eixo central para orientar a formação em engenharia. O artigo 3º das novas Diretrizes Curriculares para os Cursos de Engenharia, explicita que a orientação formativa do perfil do engenheiro deve possibilitar ao egresso/profissional possuir uma maior consciência das interações e implicações socioculturais, socioeconômicas e ambientais de sua atividade. Nesse sentido foram incluídos alguns temas gerais que se enquadram na perspectiva da interdisciplinaridade e da transversalidade, tais como Aspectos Políticos, Econômicos, Sociais, Ambientais e Culturais, Ética e Humanidades. Estes temas gerais podem ser desdobrados para incluírem, entre outros, temas como o da Diversidade Cultural; das Políticas de C&T; das questões de Sustentabilidade, de Risco, de Segurança, de Impacto Tecnológico; de Desenvolvimento Tecnológico e Humano; do Trabalho; de Aspectos Socioeconômicos, Filosóficos e Sociotécnicos. Desta forma, e isso representa uma transformação significativa, reduz-se na orientação curricular o caráter eminentemente técnico-científico normalmente atribuído à engenharia.

A equipe responsável pela elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN), citada por Souza Cruz, considera que a interdisciplinaridade e a transversalidade podem ser cotejadas do ponto de vista conceitual. A autora destaca deste entendimento da equipe que:

Ambas – transversalidade e interdisciplinaridade – se fundamentam na crítica de uma concepção de conhecimento que toma a realidade como conjunto de dados estáveis, sujeitos a um ato de conhecer isento e distanciado. Ambas apontam a complexidade do real e a necessidade de se considerar a teia de relações entre seus diferentes e

contraditórios aspectos. Mas diferem uma da outra, uma vez que a interdisciplinaridade refere-se a uma abordagem epistemológica dos objetos de conhecimento, enquanto a transversalidade diz respeito principalmente à dimensão didática.

A interdisciplinaridade questiona a segmentação entre os diferentes campos de conhecimento produzida por uma abordagem que não leva em conta a inter-relação e a influência entre eles – questiona a visão compartimentada (disciplinar).

A transversalidade diz respeito à possibilidade de se estabelecer, na prática educativa, uma relação entre aprender conhecimentos teoricamente sistematizados (aprender sobre a realidade) e as questões da vida real e de sua transformação (aprender na realidade e da realidade) (PCN – Temas Transversais, p. 29, *apud* Souza Cruz, 2002, p. 165).

A exemplo do que já vem acontecendo com o ensino fundamental e médio, a introdução de temas transversais no ensino tecnológico apresenta-se, por um lado, como uma forma muito adequada de promover uma maior interação entre tecnologia e sociedade no ensino de engenharia e, por outro lado, como necessidade de se preparar os cursos superiores para a demanda que está sendo gerada naquelas fases do desenvolvimento humano.

Ao nível da prática pedagógica, a introdução de temas transversais nas disciplinas pode constituir uma forma muito adequada para o estabelecimento de elos efetivos entre o conhecimento técnico-científico e as suas implicações e significados socioculturais, o que se apresenta como uma possibilidade real de reconsideração de aspectos do conhecimento técnico-científico que finalmente resultarão em objetos concretos da engenharia (artefatos, sistemas, processos). Neste sentido, a transversalidade e a transposição didática podem ser trabalhadas numa relação de complementaridade, pelo menos no que diz respeito à preparação didática realizada pelo professor.

Em termos de ensino centrado em projetos ou em eventos, evidencia-se a sua utilidade inclusive na definição dos critérios com os quais se podem desenvolver processos, artefatos e sistemas. As abordagens realizadas nesta tese, adequadamente contextualizadas, podem compor temas transversais para muitas disciplinas da engenharia.

Referindo-se aos PNC, Souza Cruz realça que “é justamente por envolverem questões sociais que os temas transversais possibilitam o tratamento de processos que são intensamente vividos pela sociedade” [...], isto é, “colocam questões sobre a vida humana, sobre a realidade, demandam transformações e atitudes pessoais. Portanto, os conteúdos relativos a essas dimensões devem ser contemplados no processo ensino-aprendizagem” (Souza Cruz, 2002, p. 163).

A título de exemplo, o desenvolvimento de um projeto como tema motivador numa disciplina do ciclo profissionalizante, tema este que pode ser inclusive proposto pelos alunos e que seja pertinente ao assunto da disciplina, pode ser estruturado didaticamente de modo a que os critérios de abordagem do problema e os critérios de projeto, que constituem a base conceitual que irá exercer uma influência significativa na forma e tipo de produto resultante, sejam amplamente discutidos. É principalmente nesta fase da construção do conhecimento de engenharia que os temas transversais se apresentam como elo sociocultural da tecnologia.

Além dos já citados, temas como finalidade social, segurança (pessoal, instrumental, social), riscos, influências ambientais, interesses empresariais, enfim, os diversos aspectos da significância e das interações substantivas da engenharia e de seus produtos, poderão ser contemplados e passarem a possuir uma significação relevante para os estudantes e professores durante todo o processo de construção de conhecimento da engenharia, principalmente no chamado ciclo profissionalizante. Obviamente, tais temas precisam ter sua relevância realçada para os professores dessas disciplinas, daí a necessidade de programas de formação de professores que se plassem, por exemplo, nas interações propiciadas pelo enfoque CTS (Bazzo, 1998).

Em resumo, no currículo de engenharia deve haver um espaço para a construção do conhecimento técnico-científico contextualizado, o que pode ser realizado por meio da introdução de temas transversais na construção do conhecimento disciplinar, por meio de atividades múltiplas.

A natureza dos questionamentos e análises realizadas nesta tese apontam para o que se considera relevante para a formação dos professores de engenharia, de tal modo que na estruturação pedagógica na aprendizagem centrada em projetos ou em eventos (como acidentes em que artefatos tecnológicos estejam envolvidos, ou decorrentes de processos tecnológicos), sejam consideradas as interações sócio-

eco-sistêmicas da tecnologia, ou as interações substantivas como aqui tratadas. Este constituiria um sentido da relevância que emerge das abordagens aqui realizadas.

O exemplo apresentado na discussão da transposição didática (item 4.5) sugere uma forma de se trabalhar algumas questões relativas à constituição de um tipo de conhecimento, ao qual são incorporados, sem perda da objetividade técnica, suas qualidades e elementos constituintes. Ao se incorporar as condições em que tal conhecimento é produzido, ou os diversos ingredientes de natureza não-técnica que configuram os artefatos e sistemas, estar-se-á contribuindo para superar alguns obstáculos pedagógicos e psicológicos importantes, decorrentes de um efeito mistificador da tecnologia. Ou seja, busca-se superar a sensação de fechamento, de completude de conhecimentos particulares, que além de enganosa pode induzir a uma falsa idéia de incapacidade cognitiva.

Uma questão muito comum no ensino de engenharia, quando se está trabalhando com projetos, é a necessidade de se escolher os critérios que irão finalmente definir a estrutura do artefato ou do sistema técnico. Deve haver uma base intelectual a partir da qual se estabeleçam os critérios de projeto. É essa base que vai, em última instância, definir a forma e os elementos da máquina, do artefato, do sistema. O que considerar? É aqui que os temas transversais se fazem presentes e são fundamentais. O que ocorre é que por uma pretensa objetividade e presumível falta de tempo propiciada pelos programas das disciplinas, esses temas são tacitamente reduzidos e dogmatizados, ou simplesmente desconsiderados. Os critérios, e devem existir exceções, são considerados dados de projeto e apresentados como itens, de preferência “enxutos” a serem seguidos, já tendo sido previamente elaborados e devidamente configurados segundo padrões técnicos, e normalmente assentados numa base econômica, sendo este o critério fundamental, ou o eixo, a partir do qual outros são estabelecidos.

Desde que os artefatos ou sistemas serão utilizados para determinados fins, se os critérios de projetos forem previamente acordados, os artefatos resultantes terão a forma que foi estabelecida a partir deles. Então novamente a questão da relevância posta nos critérios será determinante na configuração dos artefatos ou sistemas.

É de se esperar que isso contribua para uma efetiva revolução curricular, que ultrapasse meras tentativas de atualizar cursos através do artifício de ajustar peças desconexas do quebra-cabeça curricular, muitas vezes fora de contexto. Uma nova

concepção filosófica e pedagógica que rompa com os moldes atuais na busca de uma formação com compromissos mais abrangentes e, desde que consciente de suas amplas implicações socioculturais e ambientais, também mais globalizadora e duradoura do conhecimento, o que pode vir a ser uma forma de inclusão ainda não experienciada no ensino das técnicas.

A par de toda dificuldade que surge para se corrigir rotas de tendências que vêm sendo desenvolvidas há vários anos, notadamente na área de ensino, acredita-se que um passo importante pode ser dado no sentido do aprimoramento dos cursos de engenharia. Consiste esse passo no ataque à falta de unidade dos cursos, procurando-se dar enfoques semelhante nas mais diversas disciplinas, abordando-as sob o ponto de vista de instrumentos que unifiquem os programas. Essa possível solução passa por uma postura dos professores, se não semelhante, ao menos explícita sob um determinado enfoque epistemológico que situe o estudante num contexto mais abrangente, relacionado com a complexidade do conhecimento que contemple os diversos aspectos aqui explorados, sejam eles técnicos, científicos, sociais, culturais ou econômicos.

Para um ataque efetivo ao problema, sem tomar como agente direcionador a mudança pura e simples da malha curricular, pode-se de pronto apostar em três atividades fundamentais que estejam imbricadas com as demais da área técnica, e que antecedem ou possam ser tidas como formadoras dos agentes de transformação do processo de formação da engenharia:

- a) a formação profissional contínua e interdisciplinar do docente de engenharia, que além dos já existentes incentivos ao aprimoramento tecnocientífico, inclua a história, a sociologia e filosofia da ciência e da tecnologia como temas transversais;
- b) a consolidação de uma massa crítica de educadores vivamente engajados em questões filosóficas, sociotécnicas e pedagógicas, via cursos de pós-graduação, de preferência nas próprias escolas de engenharia (com enfoque interdisciplinar).
- c) Um projeto curricular sistemático que aborde o ensino de engenharia nessa perspectiva (temas transversais).

Esse tipo de atitude conduziria não mais à busca de soluções conjunturais para um problema talvez mal entendido, talvez mal formulado. Isso seguramente eliminaria a regra vigente, que privilegia costuras visivelmente ineficazes nos já fragmentados currículos que, a par de seus aparentes efeitos imediatos, relegam perigosamente a planos secundários o fulcro da questão: o modelo filosófico que dá sustentação aos cursos e, mais do que isso, ao desenvolvimento tecnológico orientado ao desenvolvimento social do país.

Não há dúvida que o conhecimento tecnocientífico, para o modelo de sociedade que construímos, atingiu níveis altíssimos, e acredita-se que se está longe de atingir níveis assintóticos de uma curva de transformação tecnológica. Mas parece que, por um lado, trata-se de aprimorar a técnica para ela mesma (a ferramenta pela ferramenta, ou o instrumento pelo instrumento), e por outro lado, a sofisticação tecnológica daí resultante é posta a serviço de uma inovação sem fim e sem finalidades sociais claras.

Trabalha-se na engenharia com algumas perspectivas aparentemente desconexas. Desenvolve-se a capacitação técnico-científica dos alunos, oferecendo-lhes ferramentas cada vez mais sofisticadas para a resolução desde problemas básicos até os de grande complexidade. Os exemplares empregados são muitas vezes – para justificar o uso das potencialidades das ferramentas – descontextualizados, aparentemente sugerindo que se está preparando profissionais para o mercado mundial da alta tecnologia – pelo menos assim parece naquelas escolas de engenharia consideradas de excelência. No entanto, esquece-se, ou se desconhece, que as demandas nacionais, regionais ou locais por soluções técnicas mais básicas, da competência de engenheiros, talvez sejam muito significativas para a redução da dependência e da pobreza de países em desenvolvimento que, como o Brasil, convivem com diferenças tecnológicas e sociais extremas.

Mesmo que se tenha certeza que a atividade engenheiril é socialmente relevante, o que se revela na definição oficial que os engenheiros dão de sua profissão e nas diretrizes curriculares para os cursos de engenharia, parece que não se tem clareza suficiente da abrangência dessa atividade e da capacidade de transformação social que ela engendra. Caso contrário, deixar de considerar formalmente a dimensão sócio-cultural constitutiva da ciência e da técnica que é usada como base formativa, bem como as imbricações daí resultantes, implicaria aos

docentes estarem sendo socialmente irresponsáveis para com a formação de profissionais conscientes de seus papéis como agentes de mudanças socioculturais e ambientais.

Numa perspectiva mais abrangente tem-se muito a contribuir, pela potencial capacitação técnica, para reduzir as mazelas sociais. No entanto acredita-se, erroneamente, que nada há a oferecer nesse sentido, porque se imagina que o âmbito das ações é mais limitado e não possui caráter político.

Muitos dos desejos de construir um mundo melhor por parte dos alunos das escolas de engenharia são desconsiderados ao longo da formação, justamente porque esta formação desloca do conhecimento técnico as suas outras qualidades e estruturas constituintes, diluindo muito de seu sentido sociocultural e socioambiental.

Uma contundente defesa de um ensino voltado à formação com finalidades sociais claras, como aqui se postula com o objetivo de desenvolver uma nova postura para o ensino de engenharia, e não à repetição ou adestramento, pode ser extraída da obra de Albert Einstein, *Como vejo o mundo* (1981), que adquire neste contexto uma atualidade notável. Ela diz mais que muitos argumentos que se pretendesse utilizar para defender essa posição, e serve como reflexão conclusiva:

Não basta ensinar ao homem uma especialidade, porque se tornará assim uma máquina utilizável, mas não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser apreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto. A não ser assim, ele se assemelhará, com seus conhecimentos profissionais, mais a um cão ensinado do que a uma criatura harmoniosamente desenvolvida. Deve aprender a compreender as motivações dos homens, suas quimeras e suas angústias para determinar com exatidão seu lugar exato em relação a seus próximos e à comunidade. Estas reflexões essenciais, comunicadas à jovem geração graças aos contatos vivos com os professores, de forma alguma se encontram escritas nos manuais. É assim que expressa e se forma de início toda a cultura. Quando aconselho com ardor “as Humanidades”, quero recomendar esta cultura viva e não um saber fossilizado, sobretudo em história e filosofia. Os excessos do sistema de competição e de especialização prematura, sob o falacioso pretexto da eficácia, assassina o espírito, impossibilitam qualquer vida cultural e chegam a suprimir os progressos nas

ciências do futuro. É preciso, enfim, tendo em vista a realização de uma educação, desenvolver o espírito crítico na inteligência do jovem. Ora, a sobrecarga do espírito pelo sistema de notas entrava e necessariamente transforma a pesquisa em superficialidade e falta de cultura. O ensino deveria ser assim: quem o receba o recolha como um dom inestimável, mas nunca como uma obrigação penosa.

As abordagens de caráter interdisciplinar realizadas nesta tese permitem explorar a natureza e a abrangência dos comprometimentos da engenharia, ampliando substancialmente seu campo de competência, e, por esta razão, remete às instituições de ensino e aos professores de engenharia o compromisso de buscar fortalecer a pesquisa do currículo e do ensino, equiparando-a em termos de espaço e de tempo dispensados, ao das atividades de pesquisa acadêmica já consolidadas.

Este estudo deve ser visto como um convite à reflexão a respeito da complexidade do conhecimento e das interações complexas da engenharia, de modo que não tem o objetivo precípua de apresentar soluções. Ao contrário, busca propositadamente abrir a porta para novas e fecundas contribuições.

BIBLIOGRAFIA

- ABENGE. **Relatório da Comissão Nacional de Diretrizes Curriculares para os Cursos de Engenharia**. Brasília, 1999.
- AGAZZI, J. **Between science and technology**. *In: Philosophy of Science*, 47, 1980.
- ADORNO, T. W. **Educação e Emancipação**. São Paulo: Paz e Terra, 1995.
- ALTHUSSER, L. **Lênin and Philosophy**. NLB, 1971.
- ANDERSON, P. **O fim da história: de Hegel a Fukuyama**. Rio de Janeiro: Zahar, 1992.
- ANGOTTI, J. A. P. **Fragmentos e totalidades no conhecimento científico e no ensino de ciências**. Tese. São Paulo: Faculdade de Educação/USP, 1991.
- APPLE, M. W. **Ideologia e currículo**. São Paulo: Brasiliense, 1982.
- ARACIL, J. **¿Es menester que los ingenieros filosofen?**. *In: Argumentos de la razón técnica. Revista española de Ciencia, Tecnología y Sociedad, y Filosofía de la Tecnología*. <<http://www.argumentos.us.es/>>, 1999.
- ARAÚJO, H. R. (Org.). **Tecnociência e Cultura: ensaios sobre o tempo presente**. São Paulo: Ed. Estação Liberdade, 1998.
- ARSAC, G. **La transposition didactique em mathematiques**. *In: La Transposition Didactique em Mathematiques, em Physique, em Biologie*. Lyon: Irem-Lirdis, 1989.
- ASTOLFI, JP.; DEVELAY, M. **A didática das ciências**. São Paulo: Papyrus, 1995.
- AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de ciências**. Tese. Florianópolis: PPGED, 2002.
- AZEVEDO, F. **A cultura brasileira**, introdução ao estudo da cultura no Brasil. Brasília: Ed. UnB, 1963.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARBIERI, J. C. **Produção e transferência de tecnologia**. São Paulo: Ática, 1990.
- BAUMAN, Z. **Em busca da política**. Rio de Janeiro: Zahar, 2000.
- _____. **Globalização: as conseqüências humanas**. Rio de Janeiro: Zahar, 1999.
- BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V.; von LINSINGEN, I. **Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2000.
- BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade, e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998.
- BAZZO, W.A.; PEREIRA, L.T.V. **Introdução à engenharia**. 6. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1993.

BECK, U. **O que é globalização?** Equívocos do globalismo: respostas à globalização. São Paulo: Paz e Terra, 1999

_____. **Risk Society: Towards a New Modernity.** London: Sage, 1986.

BECKER, F. **Epistemologia do professor.** 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1993.

BENAKOUCHE, T. **Novas Tecnologias e Educação na Análise Sociotécnica.** Trabalho apresentado no Workshop Internacional "Globalização, Educação e Trabalho". Florianópolis, SC, 1999.

BENJAMIN, C. [et alii]. **A opção brasileira.** Rio de Janeiro: Contraponto, 1998.

BERNAL, J. D. **Ciência na história.** v.3. Lisboa: Livros Horizonte, s/d.

BIANCHETTI, L. **Da chave de fenda ao laptop.** Tecnologia digital e novas qualificações: desafios à educação. Petrópolis / Florianópolis: Vozes / Ed. da UFSC, 2001.

BIJKER, W. E., HUGHES, T. P., PINCH, T. **The Social Construction of Technological Systems.** New directions in the Sociology and History of Technology. USA : MIT Press, 1997.

BOHM, D. **A totalidade e a ordem implicada.** Uma nova percepção da realidade. São Paulo : Cultrix, 1998.

BOHM, D.; PEAT, F. D. **Ciência, ordem e criatividade.** Lisboa: Gradiva, 1989.

BOURG, D. **Natureza e técnica:** ensaio sobre a idéia de progresso. Lisboa: Instituto Piaget, 1998.

BRUNO, L.; LAUDARES, J. B. **Trabalho e formação do engenheiro.** Belo Horizonte: FUMARC, 2000.

BRÜSEKE, F. J. **A técnica e os riscos da modernidade.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.

BUARQUE, C. **A revolução nas prioridades:** da modernidade técnica à modernidade ética. São Paulo: Paz e Terra, 2000.

_____. **Admirável mundo atual.** São Paulo: Geração Editorial, 2001.

BUNGE, M. **Epistemologia:** curso de atualização. 2. ed. São Paulo: T. A. Queiroz, 1980.

_____. **La Investigación Científica, su estrategia y su Filosofía.** Barcelona: Ariel, 1972

_____. **Technology as Applied Science.** In: Technology and Culture, v.7, pp. 329-347, 1967.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede.** (A era da informação: economia, sociedade e cultura; v.1). São Paulo: Paz e Terra, 1999.

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

CEREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L.; PALACIOS, E. M. G. **Filosofía de la tecnología.** Madrid: OEI, 2001.

CEREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L. **Ciencia y Política del Riesgo**. Madrid: Alianza Editorial, 2001.

CEREZO, J. A. L.; VALENTI, P. **Educación Tecnológica en el siglo XXI**. <<http://www.oei.org.co/ctsi/edutec.htm>>. In: *Polivalencia* n.8, Revista de la Fundación Politécnica/Universidad Politécnica de Valencia, 1999.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHASSOT, A. **A ciência através dos tempos**. São Paulo: Ed. Moderna, 1994.

CHEVALLARD, Y. **La transposition didactique**: du savoir savant au savoir enseigné. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1985.

CLARKE, J.; CONNELL, I.; McDONOUGH, R. **Identificação Erronêa de Ideologia** : a Ideologia no Poder Político e nas Classes Sociais. In: *da ideologia*. Rio de Janeiro: Zahar, 1980.

CORTELLA, M. S. **A escola e o conhecimento**: fundamentos epistemológicos e políticos. 2. ed. São Paulo: Cortez/ Instituto Paulo Freire, 1999.

CUNHA, F. M.; BORGES, M. N. **Currículo para os cursos de Engenharia**: o texto e o contexto de sua construção. In: *Revista de Ensino de Engenharia*, v.20, n.2, pp. 41-47. Brasília: ABENGE, 2001.

CUNHA, F.M. **A formação do engenheiro na área humana e social**. In: BRUNO & LAUDARES (Orgs.). *Trabalho e formação do engenheiro*. Belo Horizonte: FUMARC, 2000.

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.

DAGNINO, R. **A Relação Pesquisa-Produção: em busca de um enfoque alternativo**. In: SANTOS, L. W.; ICHIKAWA, E. Y.; SENDIN, P. V.; CARGANO, D. F. (Org.). *Ciência, Tecnologia e Sociedade: o desafio da interação*. Londrina: IAPAR, 2002.

DAGNINO, R. (Org.). **Amilcar Herrera**: um intelectual latino-americano. Campinas: Unicamp/IG/DDCT, 2000a.

DAGNINO, R. **Por uma Política de Inovação de esquerda**. Campinas: UNICAMP, publicação interna, 2000b.

DAGNINO, R.; THOMAS, H.; GOMES, E. **Elementos para un 'estado del arte' de los estudios en Ciencia, Tecnología y Sociedad en América Latina**. In: REDES, v.V, n.11. Buenos Aires, 1998.

DAGNINO, R.; THOMAS, H.; DAVYT, A. **El pensamiento en ciencia, tecnología y sociedad en Latinoamérica**: una interpretación política de su trayectoria. In: REDES, v.III, n.7, pp. 13-52. Buenos Aires, 1996.

DEMO, P. **A politicidade da educação e/ou aprendizagem reconstrutiva política**. <<http://www.nepet.ufsc.br/Artigos/Artigo19.htm>>, 1999a.

- _____. **Profissional do futuro**. In: LINSINGEN, I. *et alii*. Formação do Engenheiro: Desafios da atuação docente, tendências curriculares, questões contemporâneas da educação tecnológica. (pp. 29-50). Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999b.
- _____. **Conhecimento moderno**: sobre ética e intervenção do conhecimento. Petrópolis: Vozes, 1997.
- 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.
- _____. **Los señores del aire**: Telépolis y el tercer entorno. Barcelona: Destino, 1999.
- _____. **Filosofia de la ciencia**. Madrid: Akal, 1995.
- EINSTEIN, A. **Como vejo o mundo**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.
- ELLUL, J. **El Siglo XX y la Técnica**: Análisis de las conquistas y peligros de la técnica de nuestro tiempo. Barcelona: Labor, 1960.
- FERRAZ, H. **A formação do engenheiro**: um questionamento humanístico. São Paulo: Ática, 1983.
- FERREIRA, L. O. **Notas sobre a origem da Academia Brasileira de Ciências**. *Ciência Hoje*, v.16, n.96, pp. 32-36, 1993.
- FLECK, L. **La gènesis y el desarrollo de un hecho científico**. Madrid: Alianza Editorial, 1986.
- FLORMAN, S. **The Existential Pleasures of Engineering**. New York: St. Martin's Griffin, 1976.
- FOUCAULT, M. **Vigiar e punir**: nascimento da prisão. Petrópolis: Vozes, 1993.
- FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica**. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. Buenos Aires: Ed. Colihue, 1997.
- _____. **A construção das ciências**. Introdução à filosofia e à ética das ciências. São Paulo: UNESP, 1995.
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1975. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- _____. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 7. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1998.
- FREIRE-MAIA, N. **A ciência por dentro**. Petrópolis: Vozes, 1992.
- FULLER, S. **The governance of science**. Bukingham: Open University Press, 1999.
- _____. **On the motives for the new sociology of science**. In: History of the Human Sciences, 8/2, pp. 117-124, 1995.
- FURTADO, Celso. **O capitalismo global**. São Paulo: Paz e Terra, 1998.
- GAMA, R. (Org.). **Ciência e técnica**: antologia de textos históricos. São Paulo: T.A. Queiroz, 1993.

- GONZÁLEZ GARCÍA, M. I.; CERREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L. L. (Eds). **Ciencia, tecnología y sociedad**. Barcelona: Ariel, 1997.
- GONZÁLEZ GARCÍA, M. I.; CERREZO, 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.
- GIDDENS, A. **As conseqüências da modernidade**. São Paulo: Ed. Unesp, 1991a.
- _____. **Sociologia**. Madrid: Alianza, 1991b.
- GILLE, B. **Introducción a la Historia de las Técnicas**. Barcelona: Crítica-Marcombo, 1999.
- GIROUX, H. **Teoria crítica e resistêcia em educação**. Petrópolis: Vozes, 1986.
- GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. **Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización**. *In*: Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v.15, n.2, 08/1998.
- GREENE, B. **O Universo elegante**: supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.
- GRISPUN, M. P. S. Z. (Org.). **Educação tecnológica**: desafios e perspectivas. São Paulo: Cortez, 1999.
- HABERMAS, J. **Ciencia y técnica como "ideología"**. Madrid: Tecnos, 1999.
- HALL, S. **A identidade cultural na pós-modernidade**. Rio de Janeiro: DP&A, 2000.
- HARDT, M.; NEGRI, A. **Império**. Rio de Janeiro: Record, 2001.
- HARRIS, M. **Introducción a la antropología general**. Madrid: Alianza, 1987.
- HAZEN, R. M.; TREFIL, J. **Saber ciência**. Do big bang à engenharia genética, as bases para entender o mundo atual e o que virá depois. São Paulo: Cultura editores associados, 1995.
- HEIDEGGER, M. **A questão da técnica**. *In* : Cadernos de Tradução, n.2. São Paulo: Depto. de Filosofia, USP, 1997.
- _____. **Conferencias y Artículos**. Barcelona: Ediciones del Serbal, 1994.
- HERRERA, A. **Ciencia y política en América Latina**. México: Siglo XXI Editores, 1971.
- HOBBSBAWN, E. **The age of revolution: 1789 – 1848**. New York: The New American Library, 1964.
- HOEBEL, E. A.; WEAVER, T. **Antropología y experiencia humana**. Barcelona: Omega, 1985.
- HOLTON, G. **A imaginação científica**. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.
- HORGAN, J. **O fim da ciência**: uma discussão sobre os limites do conhecimento científico. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

HUGHES, T. P. **Networks of Power: Eletrification in Western Society, 1880-1930.** Baltimore: John Hopkins Press, 1983.

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

JANTSCH, A. P.; BIANCHETTI, L. (Orgs.). **Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito.** Petrópolis: Vozes, 1995.

JAPIASSÚ, H. **Introdução ao pensamento epistemológico.** Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1993.

_____. **Para ler Bachelard.** Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1976.

JONAS, H. **El principio de responsabilidad.** Ensayo de una ética para la civilización tecnológica. Barcelona: Ed. Herder, 1995.

KAWAMURA, L. **Novas tecnologias e educação.** São Paulo: Ática, 1990.

_____. **Tecnologia e política na sociedade: engenheiros, reivindicação e poder.** São Paulo: Brasiliense, 1986.

KNELLER, G. F. **A ciência como atividade humana.** Rio de Janeiro: Zahar; São Paulo: EDUSP, 1980.

KORTLAND, J. **STS in secondary education: trends and issues.** Conferência do Congresso "Science and Technology Studies in Research and Education", Barcelona, 1992.

KOVÁCS, I.; CASTILLO, J. J. **Novos Modelos de Produção.** Trabalho e pessoas. Oeiras: Celta Editora, 1998.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas.** São Paulo: Perspectiva, 1990.

LABURTHE-TOLRA, P., WARNIER, J-P. **Etnologia-Antropologia.** Petrópolis: Vozes, 1997.

LALANDE, A. **Vocabulario técnico y crítico de la filosofía.** Buenos Aires: El Ateneo, 1966.

LARCHER, C. **La physique et la chimie, sciences de modèles.** Du mond réel aux connaissances scientifiques, en passat par la modélisation. *In: Didactique appliquée de la physique-chimie.* Paris: Éditions Nathan, 1996.

LATOUR, B. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora.** São Paulo: Editora UNESP, 2000.

_____. **Nunca hemos sido modernos.** Madrid: Debate, 1993.

LECOURT, Dominique. **Gaston Bachelard : epistemologia - trechos escolhidos.** 2.ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1983.

LEITE LOPES, J. **La ciencia y el dilema de América Latina: dependencia o liberación.** México: Siglo XXI Editores, 1978.

LEROI-GOURHAN, A. **Evolución y Técnica I, II.** Madrid: Taurus, 1988.

LINSINGEN, I.; PEREIRA, L. T. V.; CABRAL, C. G.; BAZZO, W. A. (Orgs.). **Formação do Engenheiro**: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da educação tecnológica. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999.

LOOSE, J. **Introdução histórica à filosofia da ciência**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1979.

MANACORDA, M. A. **História da educação**: da Antigüidade aos nossos dias. 5. ed. São Paulo: Cortez, 1996.

MARCOVITCH, J. **La universidad (im)posible**. Madrid: Cambridge University Press/OEI, 2002.

MARX, K.; ENGELS, F. **O Manifesto Comunista**. São Paulo: Paz e Terra, 1998.

MATURANA, H.; REZEPKA, S. N. **Formação humana e capacitação**. Petrópolis: Vozes, 2000.

MATURANA, H.; GARCÍA, F. V. **A árvore do conhecimento**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997a.

_____. **De máquinas e seres vivos**: autopoiese - a organização do vivo. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997b.

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

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

MEDINA, M.; SANMARTÍN, J. (Eds.). **Ciencia, Tecnología y Sociedad**: Estudios Interdisciplinarios en la Universidad, la Educación y en la Gestión Pública. Barcelona: Anthropos, 1990.

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

MITCHAM, C. **The Importance of Philosophy to Engineering**. In: Teorema, v.XVII/3, 1998.

_____. **Thinking through Technology**. The Path between Engineering and Philosophy. Chicago: University of Chicago Press, 1994.

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

MOLES, A. **Engenheiros e inventores hoje**. In: SCHEPS, R. (Org.). O império das técnicas. Campinas: Papyrus, 1996.

_____. **As ciências do Impreciso**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1995.

MOLINA, V. **Notas sobre Marx e o Problema da Individualidade**. In: da ideologia. Rio de Janeiro: Zahar, 1980.

MORAES, M. C. **O perfil do engenheiro dos novos tempos e as novas pautas educacionais**. In: LINSINGEN, I. *et alii* (Org.). Formação do Engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da educação tecnológica. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999.

_____. **O paradigma educacional emergente**. São Paulo: Papirus, 1997.

MORIN, E. **Saberes globais e saberes Locais: o olhar transdisciplinar**. Rio de Janeiro: Garamond, 2000a.

_____. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez, 2000b.

_____. **Ciência com consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1999.

_____. **Introdução ao pensamento complexo**. Lisboa: Piaget, s/d.

MOTOYAMA, S. (Org.). **Tecnologia e industrialização no Brasil: uma perspectiva histórica**. São Paulo: Editora UNESP, 1994.

MUMFORD, L. **Técnica y Civilización**. Madrid: Alianza Editorial, 1994.

NIINILUOTO, I. **Ciencia frente a tecnología: diferencia o identidad?** In: Arbor, 620, 1997.

OZANNE, R. **A Century of Labor-Management Relations of McCormick and International Harrestes**. Madison: University of Winsconsin Press, 1967.

OSORIO, C. M. **Enfoques sobre la tecnología**. In: Revista CTS+I, n.2, <<http://www.campus-oei.org/revistactsi/numero2/osorio.htm>>, Janeiro - Abril, 2002.

ORTEGA Y GASSET, J. **Meditación de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía**. (1939). Madrid: Alianza Editorial, 1982.

PALACIOS, E. M. G.; GALBARTE, J. C. G.; CEREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L.; GORDILLO, M. M.; OSÓRIO, C.; VALDÉS, C. **Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual**. Madrid: OEI, 2001.

PACEY, A. **La cultura de la tecnología**. México: Fundo de Cultura Económica, 1990.

PARDAL, P. **Brasil, 1982: início do ensino da engenharia civil e da escola de engenharia da UFRJ**. Rio de Janeiro: Fundação Emílio Odebrecht, 1985.

PEREIRA, L.T.V.; von LINSINGEN, I. **Absorção Social de um Produto Técnico: O Caso das Garrafas Plásticas**. Anais do COBENGE 98 (XXVI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia), CD rom, vol.1, pp. 383 - 400. São Paulo: Universidade São Judas, 1998.

PEREIRA, L.T. V., BAZZO, W. A. **Ensino de engenharia, na busca do seu aprimoramento**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1997.

PERRELLI, M. A. S. **A transposição didática no Campo da Indústria Cultural: um estudo dos condicionantes dos livros didáticos de ciências**. Diss. Mestrado, Florianópolis: UFSC/CED, 1996.

PETITAT, A. **Produção da escola/produção da sociedade: análise sócio-histórica de alguns momentos decisivos da evolução escolar no ocidente**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

PENICK, J. E. **STS. Instruction enhances student creativity**. In: Yager, 1992.

PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2001.

PLUCHENT, V. **El papel de los ingenieros en el desarrollo**. In: *Economie et Humanisme*, n.340, abril de 1997.

PORTOCARRERO, V. (Org.). **Filosofia, história e sociologia das ciências I: abordagens contemporâneas**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994.

POSTMAN, N. **Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia**. São Paulo: Nobel, 1994.

PRESTES, N. H. **A razão, a teoria crítica e a educação**. In : PUCCI (Org.). *Teoria crítica e educação*. Petrópolis: Vozes, 1994.

PUCCI, B. **Teoria crítica e educação**. Petrópolis: Vozes, 1994.

QUINTANILLA, M. A. ; BRAVO, A. **Cultura tecnológica e innovación**. Primera parte: el concepto de cultura tecnológica. Informe para la Fundación COTEC, 1997.

QUINTANILLA, M. A. **Técnica y Cultura**. In: CEREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L.; PALACIOS, E. M. G. *Filosofía de la tecnología*. Madrid: OEI, 2001.

_____. **Técnica y Cultura**. In: *Teorema*. Revista Internacional de Filosofía, v.XVII/3. Murcia (España): Tecnos, 1998.

_____. **Tecnología : un enfoque Filosófico**. Madrid: Fundesco, 1988.

ROCHA NETO, I. **Agentes de Inovação Tecnológica**. Conceitos básicos: Simulação. Apostila (Semana do Design e da Competitividade). Florianópolis: SEBRAE, out. 1995.

RONAN, C. A. **História ilustrada da ciência**. (v.I, II, III, IV) Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1987.

ROSSI, P. **Naufraágios sem espectador: a idéia de progresso**. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

_____. **A ciência e a filosofia dos modernos: aspectos da Revolução Científica**. São Paulo: Editora UNESP, 1992.

_____. **Las arañas y las hormigas**. Barcelona: Crítica, 1990.

ROSZAK, T. **El Nacimiento de una Contracultura**. Barcelona: Kairós, 1970.

ROUSE, I. **Introducción a la prehistoria: un enfoque sistemático**. Barcelona: Bellaterra, 1973.

SÁBATO, J.; MACKENZIE, M. **La producción de tecnología**. México: Ed. Nueva Imagen, 1982.

SÁBATO, J. **El pensamiento latinoamericano en la problemática ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia**. Buenos Aires: Ed. Paidós, 1975.

SACADURA, J-F. **A formação dos engenheiros no limiar do terceiro milênio**. In: LINSINGEN, I. *et alii* (Org.). *Formação do Engenheiro: Desafios da atuação docente, tendências curriculares, questões contemporâneas da educação tecnológica*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999. (pp. 13-27).

- SANMARTÍN, J.; CUTCLIFFE, S.H.; GOLDMAN, S.L.; MEDINA, M. (Eds.). **Estudios sobre sociedad y tecnología**. Colección Nueva Ciencia, n.9. Barcelona: Anthropos, 1992a.
- SANMARTÍN, J.; LUJÁN LOPEZ, J. L. **Educación en ciencia, tecnología y sociedad**. In: Sanmartín *et alii* (eds.). Estudios sobre sociedad y tecnología. Barcelona: Anthropos, 1992b.
- SANTOS, B. S. **Um discurso sobre as ciências**. Porto: Afrontamento, 1999a.
- _____. **Pela mão de Alice**. O social e o político na pós-modernidade. 5.ed. São Paulo: Cortez, 1999b.
- _____. **Introdução a uma ciência pós-moderna**. Rio de Janeiro: Graal, 1989.
- SANTOS, L. W.; ICHIKAWA, E. Y.; SENDIN, P. V.; CARGANO, D. F. (Org.). **Ciência, Tecnologia e Sociedade: o desafio da interação**. Londrina: IAPAR, 2002.
- SANTOS, M. **Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal**. Rio de Janeiro: Record, 2001.
- _____. **Técnica, espaço, tempo: globalização e meio técnico-científico informacional**. São Paulo: Ed. Hucitec, 1998.
- SAREWITZ, D. **Bienestar humano y ciencia federal, ¿cuál es su conexión?** In: CEREZO, J. A. L.; RON, J. M. S. Ciencia, tecnología, sociedad y cultura en el cambio de siglo. Madrid: Biblioteca Nueva/OEI, 2001.
- SCHAFF, Adam. **História e verdade**. São Paulo: Martins Fontes, 1995.
- SCHEPS, R. (Org.). **O império das técnicas**. Campinas: Papyrus, 1996.
- SCHIENSTOCK, G. **Technology policy in the process of change**. Changing paradigms in research and thecnology policy? In: Aichholzer y Schienstock, 1994.
- SCHNITMAN, D. F. (Org.). **Novos paradigmas, cultura e subjetividade**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- SCHWARTZMAN, S. **A redescoberta da Cultura**. São Paulo: Edusp, 1997.
- SEVERINO, A. S. **O uno e o múltiplo: o sentido antropológico do interdisciplinar**. In: Jantsch, A. P.; Bianchetti, L. (Orgs.). Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito. Petrópolis: Vozes, 1995.
- SHRUM, W. **Are 'science' and 'technology' necessary?: the utility of some old concepts in comptemporary studies of the research process**. In: Social Inquiry, 56, 1986.
- SILVA, D. **O engenheiro que as empresas querem hoje**. In: LINSINGEN *et alii* (Org.). Formação do Engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da educação tecnológica. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999.
- SILVA, M. A. **A percepção da tecnologia por quem ensina tecnologia - o caso da UFPB**. São Paulo: Revista de Ensino de Engenharia, v.5, n.2, pp. 223-231, 2.sem., 1986.
- 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.
- SOUZA CRUZ, S. M. **Aprendizagem centrada em eventos**: Uma Experiência com o Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino Fundamental. Tese. Florianópolis: CED/UFSC, 2001.
- SOUZA CRUZ, S. M.; ZILBERSZTAJN, A. **O Enfoque Ciência, tecnologia e Sociedade e a Aprendizagem Centrada em Eventos**. In: Pietrocola, M. (Org.). Ensino e Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia numa Concepção Integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.
- STAUDENMAIER, J. M. **Technology storytellers**: reweaving the human fabric. Cambridge: MIT Press, 1985.
- TELLES, P. C. S. **História da engenharia no Brasil, século XX**. Rio de Janeiro: Clavero, 1993.
- _____. **História da engenharia no Brasil** (séculos XVI a XIX). São Paulo: LTC, 1984.
- TEOREMA**. Revista internacional de filosofia. v.XVII/3. Murcia (Espanha): Tecnos, 1998.
- THUILLIER, P. **De Arquimedes a Einstein**: a face oculta da invenção científica. Rio de Janeiro: Zahar, 1994.
- TUÑÓN, A. H. *et alii*. **Ciencia, Tecnología y Sociedad**. Madrid: Algaida Editores, 2001.
- USHER, A. P. **Uma história das invenções mecânicas**. Campinas: Papyrus, 1993.
- VACCAREZZA, L. S. **Ciência, Tecnologia e Sociedade**: o estado da arte na América Latina. In: SANTOS, L. W.; ICHIKAWA, E. Y.; SENDIN, P. V.; CARGANO, D. F. (Org.). **Ciência, Tecnologia e Sociedade: o desafio da interação**. Londrina: IAPAR, 2002.
- VARGAS, M. **Para uma filosofia da tecnologia**. São Paulo: Alfa Omega, 1994a.
- VARGAS, M. (Org.). **História da técnica e da tecnologia no Brasil**. São Paulo: Editora UNESP-CEETEPS, 1994b.
- VARSIVSKY, O. **Proyectos nacionales. Planteos y estudios de viabilidad**. Buenos Aires: Ediciones Periferia, 1971.
- VARSIVSKY, O. **Ciencia, política y científicismo**. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina, 1969.
- VESSURI, H. **De la transferencia a la creatividad. Los papeles culturales de la ciencia en los países subdesarrollados**. In: IBARRA, A.; CERESO, J. A. L. **Desafíos y tensiones actuales en ciencia, tecnología y sociedad**. Madrid: Biblioteca Nueva/OEI, 2001.
- VV.AA. **Ciencia, tecnología y sociedad ante la educación**. In: Revista Iberoamericana de Educación, n.18, 1998.
- WAKS, L. J. **Filosofía de la educación en CTS**. Ciclo de responsabilidad y trabajo comunitario (pp. 19-33). In: ALONSO, A. *et alii*. **Para comprender Ciencia, Tecnología y Sociedad**. Estella (Navarra): Ed. Verbo Divino, 1996.

_____. **Ethics and values in science-technology-society education: converging themes in a basic research project.** *In: Bulletin of Science, Technology and Society*, 13/6, pp. 1-21, 1993.

_____. **Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos intelectuales.** *In: MEDINA, M., y SANMARTÍN, J. Ciencia, tecnología y sociedad, Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública.* (pp. 42-75). Barcelona: Antropos, 1990.

WIENER, N. **Cibernética e Sociedade.** O uso humano de seres humanos. São Paulo: Cultrix, 1968.

WINNER, L. **Beyond Innovation: Ethics and Citizenship in an Era of Ceaseless n Change.** *In: Tecnología y política.* Valencia: UIMP, 2000.

_____. **La ballena y el reactor.** Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología. Espanha: Gedisa, 1987.

_____. **Do Artifacts have Politics?** (1983), *In: MacKenzie D. et alii* (eds.). *The Social Shaping of Technology.* Philadelphia: Open University Press, 1985.

_____. **Tecnología Autónoma.** Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1979.

WOOLGAR, S. **Ciencia: Abriendo la caja negra.** Barcelona: Anthropos, 1991.

WYNNE, B. **Redefining the Issues of Risk and Public Acceptance.** *In: Futures,* Fevereiro, 1983.

YAGER, R. E. **The status of science-technology-society. Reforms around the world.** International Council of Associations for Science Education/Yearbook, 1992.

_____. **The advantages of STS approaches in science instruction in grades four through nine.** *In: Bulletin of Science, Technology and Society*, n.13, 1993.

ZILBERSZTAJN, A. *et alii.* **Aprendizagem centrada em eventos: Uma experiência no Ensino de Ciência Tecnologia e Sociedade.** Atas do IV EPEF. Florianópolis, 1994.

ZILBERSZTAJN, A.; SOUZA CRUZ, S. M. **Aprendizagem centrada em eventos.** Projeto de Extensão. Departamento de Física/UFSC, 1992.

ZIMAN, J. M. **Teaching and learning about science and society.** London: Cambridge University Press, 1980.