

## OS ESTUDOS CTS E A ECONOMIA DA TECNOLOGIA NA FORMAÇÃO EM ENGENHARIA

**Marta Lucia Azevedo Ferreira** – mlferreira@cefet-rj.br

**Cristina Gomes de Souza** – cgsouza@cefet-rj.br

**Ilda Maria de Paiva Almeida Spritzer** – spritzer@cefet-rj.br

CEFET-RJ, Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Mestrado em Tecnologia

Av. Maracanã, 229 - 5º andar - Maracanã

CEP 20271 110 – Rio de Janeiro - RJ

***Resumo:** Este artigo apresenta as contribuições dos Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (Estudos CTS) e da Economia da Tecnologia para a formação em engenharia. Inicialmente são apresentadas as relações entre a técnica, a engenharia e a tecnologia. Na sequência, descreve-se a natureza dos Estudos CTS, ressaltando sua importância para as reflexões e propostas de mudança na formação em engenharia na atualidade. A seguir, destacam-se as contribuições da Economia da Tecnologia para a formação em engenharia e apresentam-se as considerações finais. Verifica-se que a engenharia hoje envolve representações mais abstratas, configurando-se como um campo complexo e estratégico que exige um enfoque interdisciplinar, sistêmico e prospectivo.*

***Palavras-chave:** Estudos CTS, Economia da Tecnologia, Formação em Engenharia.*

### 1 A TÉCNICA, A ENGENHARIA E A TECNOLOGIA

A técnica é tão antiga quanto o homem. Trata-se da “habilidade humana de fabricar, construir e utilizar instrumentos” (VARGAS, 1994, p. 15). O autor afirma que ela teria sido inicialmente ensinada ao homem pelos deuses ou heróis e transmitida através de gerações por intermédio de homens especiais considerados santos. Porém, com o fim das civilizações míticas, o conceito de técnica evoluiu, passando a significar “o conjunto de regras, invenções, operações e habilidades correlacionadas à construção de edifícios, estradas e pontes, à fabricação de instrumentos e utensílios, à agricultura e à extração e preparação de materiais para construção ou fabricação que era ensinado pelos mestres aos seus aprendizes”.

Ainda segundo o autor, a técnica no sentido moderno surgiu no Renascimento, quando os problemas técnicos eram resolvidos através de conhecimentos práticos e só eventualmente auxiliados por conhecimentos científicos. No entanto, a Revolução Científica do século XVII aproximou o fazer empírico da técnica do saber teórico-científico, permitindo o surgimento da engenharia moderna na segunda metade do século XVIII e da tecnologia na segunda metade do século XIX. Desde então, a diversidade e sofisticação técnica só fizeram crescer, ao lado das estruturas teóricas, tornando necessário o surgimento do engenheiro como especialista na solução de problemas.

Assim, a engenharia constituiu-se como “o estudo ou atividade de utilização de teorias, métodos e processos científicos para a solução de problemas técnicos relacionados com materiais e processos construtivos, fabricação de produtos industriais, organização do trabalho e cálculos e projeto de engenharia”. E a partir do estudo das técnicas e da engenharia surgiu a disciplina denominada tecnologia, que tinha como finalidade “descrever, de maneira interpretativa, as técnicas, os processos técnicos, as maneiras de preparação ou fabricação de

produtos industriais, a extração e a manipulação de materiais utilizados pela engenharia, além das formas de organização econômica do trabalho técnico” (VARGAS, 1994, p. 16).

A tecnologia ganhou proeminência a partir de 1780 com a Revolução Industrial, que se caracterizou pela substituição do esforço e habilidade humanos pelas máquinas, marcando o início de ondas longas e sucessivas de mudança tecnológica, sobretudo depois de 1830, quando teve início a 2ª Revolução Industrial. A terceira onda longa surgiu em 1880 e marcou a Idade da Eletricidade, enquanto 1930 marcou a Idade da Produção em Massa ou Fordista, que perdurou até 1980, quando as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) passaram a interagir fortemente com inovações organizacionais, constituindo a Idade da Microeletrônica (TIGRE, 2006).

As conexões entre Ciência e Tecnologia (C&T) se intensificaram a partir dos séculos XIX e XX, especialmente depois da 2ª Guerra Mundial. Desde então, a prática tecnológica tornou-se muito mais científica, ao mesmo tempo em que a prática científica tornou-se cada vez mais dependente da tecnologia. Este entrelaçamento pode ser resumido na afirmação de que a ciência é, ao mesmo tempo, “líder e seguidora” do progresso tecnológico (NELSON & ROSENBERG, 1993, p. 6). Como a distinção entre ambas é hoje cada vez mais difícil, mais correto é afirmar que trata-se de um complexo sistema que integra as atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P,D&I), que são típicas da engenharia.

Acelerou-se o processo de criação e difusão de informações, conhecimentos e tecnologias, caracterizando um novo ambiente em que indivíduos e empresas passaram a requerer continuamente novos conhecimentos, habilidades e atitudes. Graças ao desenvolvimento tecnológico, no qual a engenharia tem papel-chave, as concepções de tempo e espaço foram se transformando até representarem, nos dias de hoje, uma ruptura com os modos de vida tradicionais, não só pelo ritmo, mas também pelo escopo das mudanças.

De fato, a engenharia vem aumentando sua importância e pertinência social, sobretudo desde a modernidade, na medida em que vem incorporando novos conhecimentos científico-tecnológicos aos já existentes. Como afirma Duffy (1996), sua natureza vem se alterando continuamente, mas hoje é perceptível uma alteração radical, no sentido de configurar-se como um campo complexo e estratégico. Esta nova natureza requer um novo aparato conceitual capaz de melhor defini-la, descrevê-la, analisá-la, interpretá-la e praticá-la. Mais do que modelos, trata-se de paradigmas capazes de gerar um entendimento mais amplo e completo da realidade.

A engenharia teve ativa participação na moldagem da sociedade atual, ao mesmo tempo em que é por ela fortemente influenciada, tornando necessário o questionamento sobre o seu papel e suas práticas. A intensificação do ritmo de criação e difusão de inovações vem promovendo mudanças significativas no modo de produção e organização do trabalho, da vida em sociedade e da gestão de empresas, impondo novos requisitos e desafios ao mercado de trabalho dos engenheiros e à sua formação.

Fallow (1996) acrescenta que a prática atual da engenharia não se restringe aos conhecimentos técnicos tradicionais, mas exige o domínio de outras disciplinas e o contato cada vez mais freqüente com não-engenheiros, o que envolve, não apenas novos conhecimentos e habilidades, mas sobretudo atitudes mais abertas ao convívio com outros referenciais teóricos, linguagens e perfis de profissionais.

Essas são as reflexões propostas neste artigo, a partir do quadro de referência dos Estudos CTS, campo interdisciplinar que engloba a Filosofia, a História e a Sociologia da Ciência e da Tecnologia, a Educação e a Economia, esta última em sua vertente Evolucionária ou Neoschumpeteriana, mais conhecida como Economia da Inovação ou Economia da Tecnologia, à qual se confere destaque.

## 2 OS ESTUDOS CTS E A FORMAÇÃO EM ENGENHARIA

As relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade definem um campo recente - data do final dos anos 60 e início dos anos 70 - cujo objeto é demarcado pela dimensão social da ciência e da tecnologia, não só do ponto de vista dos antecedentes políticos, econômicos, sociais e culturais que moldam as mudanças científico-tecnológicas, como do ponto de vista das repercussões políticas, econômicas, sociais, culturais, éticas e ambientais decorrentes dessas mudanças.

Bazzo *et al.* (2003) afirmam que embora com orientações e aplicações distintas na Europa e nos Estados Unidos, tais estudos possuem desdobramentos na América Latina e no Brasil e têm em comum a visão contextualizada da atividade científica, a defesa de políticas públicas e de processos democráticos de regulação social das atividades de C&T, bem como a promoção da alfabetização científico-tecnológica e sua extensão a um público cada vez mais amplo.

No que diz respeito à ciência, Niiniluoto (2007) ressalta seu caráter de sistema social complexo que envolve, tanto a comunidade de cientistas engajados em pesquisa, como os processos e métodos por eles utilizados e os novos conhecimentos científicos produzidos. Assim, diferentes tipos de progresso podem ser atribuídos à ciência: econômico, profissional, educacional, metodológico e cognitivo. Estes, por sua vez, impulsionam o progresso tecnológico e o progresso social que, como afirma o autor, possuem natureza distinta (NIINILUOTO, 1999).

No que diz respeito à tecnologia, Grinspun (2002, p. 17) afirma a necessidade de ampla discussão sobre seus conceitos, finalidades e processos, que constituem “um verdadeiro *déficit* em matéria de reflexão pedagógica, histórica e filosófica sobre as técnicas”. A complexidade do conceito se estende à estreita vinculação entre técnica, engenharia e tecnologia, entre ciência e tecnologia e entre tecnologia e educação. Trata-se de lidar com irreversibilidade, transformação e com “o conceito de um novo tempo para viver essas transformações” (GRINSPUN, 2002, p. 16).

A autora também menciona a necessidade de “rever os paradigmas existentes e tentar buscar um novo paradigma que responda por essa nova ordem histórico-social e cultural” (GRINSPUN, 2002, p. 39). Para ela, a tecnologia é um conceito amplo, pois envolve um conjunto organizado e sistematizado de conhecimentos científicos, empíricos e intuitivos que tem por objetivo aumentar a eficiência da atividade humana em todos os espaços de poder. “Em relação à formação em engenharia, a questão que se coloca é: como preparar profissionais que lidam diretamente com conceitos tão imbricados e que se tornam mais complexos a cada dia?” (FERREIRA, 2010, p. 13-14).

Osório (2002) contribui para a reflexão sobre esta questão ao realizar uma revisão dos enfoques associados à tecnologia. O primeiro e mais comum é o *enfoque instrumental*, que caracteriza a tecnologia como ferramenta, aparato, mecanismo ou artefato construído para a realização de tarefas, daí ser a utilidade sua principal característica. Assim, a tecnologia começa e termina nas máquinas. O segundo é o *enfoque cognitivo*, que atribui à ciência o marco distintivo entre a técnica e a tecnologia. O terceiro e último é o *enfoque sistêmico*, que considera a tecnologia como unidade complexa e independente que inclui materiais, artefatos e energia, bem como os agentes que a transformam. Do mesmo modo que a ciência, a tecnologia é um sistema social complexo.

Porém, entre os engenheiros, a tecnologia é geralmente percebida de maneira restrita, uma vez que é usualmente empregada segundo o *enfoque instrumental*. A tecnologia é aceita como dada e inquestionável, sendo seus modelos de sucesso analisados e estendidos a outras esferas do pensamento e da atividade humana. Trata-se da visão tradicional segundo a qual os

engenheiros têm o papel precípua de elaborar artefatos, estruturas e sistemas tecnológicos úteis. No entanto, dada a extensão do raio de influência e ação desses profissionais desde a modernidade, em razão da vertiginosa expansão tecnológica e econômica do período, esta abordagem mostra-se atualmente simplista.

Em relação ao *enfoque cognitivo*, Linsingen (2002) argumenta que sua utilização é um reflexo do caráter de neutralidade conferido à ciência que, por extensão, é associado à tecnologia. Outra argumentação refere-se à imagem de universalidade associada a ambas. No entanto, o *enfoque sistêmico* da tecnologia é o que melhor faculta uma compreensão mais ampla e próxima da realidade complexa e multifacetada que caracteriza o cenário atual, que comporta um intenso e contínuo fluxo de inovações, não apenas tecnológicas, mas também organizacionais e institucionais, ampliando, assim, o espectro cognitivo e de atuação dos engenheiros.

Como indaga Ferreira (2010, p. 16), “estarão estes profissionais, formados nos dias de hoje a partir de um sistema educacional voltado para a modernidade, preparados para responder às novas exigências das sociedades contemporâneas?” A autora discute os novos paradigmas da engenharia e da educação em engenharia, questão que vem sendo levantada em trabalhos anteriores. Com efeito, a engenharia hoje se revela mais abstrata, no sentido de integradora de conhecimentos técnicos diversificados (FERREIRA *et al.*, 2008). Além disso, requer atitudes inovadoras, empreendedoras e prospectivas diante dos processos de busca de informações, aprendizagem e construção de conhecimentos (FERREIRA *et al.*, 2009).

É nesse contexto que a interdisciplinaridade se impõe, propondo um domínio conexo entre diferentes disciplinas e buscando, deste modo, o rompimento das barreiras epistemológicas entre elas. Este aspecto é abordado pela autora ao apontar as características das interações universidade-empresa e os perfis da formação em engenharia em vários países, inclusive no Brasil. A necessidade de abertura da engenharia e da educação em engenharia à interdisciplinaridade, à complexidade e à diversidade é assinalada, tanto em seus aspectos estruturais, como pedagógicos e metodológicos (FERREIRA, 2010; FERREIRA *et al.*, 2010).

De acordo com Bazzo *et al.* (2003), apenas após a compreensão das interações e vínculos entre a tecnologia e a sociedade é que a questão levantada anteriormente pode ser compreendida mais adequadamente e respondida. Linsingen (2002) ressalta que estas interações e vínculos engendram a necessidade de transformação radical no ensino de engenharia, que passa a orientar-se por uma nova lógica na qual as técnicas e tecnologias passam à condição de meios e não de fins em si mesmas. Retomando os autores, “não se pode achar que o comportamento social é estático e adaptável a qualquer mudança tecnológica”. A contextualização é “um dos problemas cruciais do ensino” (BAZZO *et al.*, 2008, p. 39).

Em relação à sociedade brasileira, Vargas (1994, p. 17) acrescenta que o termo tecnologia vem sendo empregado com três conotações distintas. Na primeira, é associado à técnica em geral; na segunda, refere-se ao trato com aparelhagens e processos de fabricação sofisticados; e na terceira, encontra-se relacionado às atividades de comercialização e *marketing*. Esta última representa o maior problema, pois dela decorre a visão tão comum quanto errônea de que a tecnologia é uma mercadoria que pode ser simplesmente vendida ou comprada.

A evolução desses enfoques revela que já não é mais possível considerar as atividades de engenharia como eminentemente técnicas e isentas de questionamentos. Nesse novo quadro de referência se inserem os Estudos CTS, que constituem importante marco conceitual para embasar reflexões e propostas de mudança na formação dos engenheiros nos dias de hoje. Estes profissionais criam, usam e transformam tecnologias para o benefício da humanidade, mas já não podem mais se manter isentos de pensar e agir em relação aos desconfortos, desafios e perigos nelas implicados.

Linsingen (2002) ressalta que na perspectiva CTS atual, a tecnologia é percebida como forma de organização social, com interações complexas e incorporando aspectos que não são comuns à concepção tradicional de engenharia. Embora inter-relacionados, trata-se de campos distintos, do mesmo modo que distintos são os campos da ciência e da tecnologia. Como atividade social complexa, a tecnologia não pode ser reduzida ao difundido e equivocado conceito de ciência aplicada. Para ela concorrem atividades e interesses diversos, de modo que os artefatos dela resultantes possuem qualidades não apenas técnicas.

Machado (2006, p. 8) ressalta as semelhanças entre os trabalhos dos sociólogos e dos economistas uma vez que, para ambos, a tecnologia é definida como:

*“um conjunto complexo que compreende e associa dispositivos técnicos, saberes e saber-fazer, uma certa apreensão do estado da arte e dos problemas que permanecem em aberto, uma representação dos métodos disponíveis ou pertinentes para resolver problemas, um certo número de idéias sobre as lições a serem tiradas das experiências passadas e sobre o futuro possível ou provável das tecnologias”.*

Assim, “a tecnologia se apresenta, essencialmente, como saber que pode ser incorporado em artefatos, ou desincorporado em relação aos artefatos, mas incorporado na prática cotidiana de todos os atores envolvidos com o desenvolvimento tecnológico”. Embora concebida no campo CTS como atividade social complexa, a tecnologia é percebida de maneira restrita no campo da engenharia, ou seja, como conhecimento prático-aplicado que deriva do conhecimento teórico-científico e que resulta em ferramentas, aparatos, mecanismos ou artefatos úteis. Porém, a tecnologia não é uma mercadoria e sim uma forma de organização social e, como tal, deve ser entendida e tratada no ensino de engenharia.

### **3 A ECONOMIA DA TECNOLOGIA E A FORMAÇÃO EM ENGENHARIA**

Historicamente, à exceção de Marx (1975), a tecnologia foi considerada uma variável exógena ao processo produtivo, tanto pela Economia Clássica, como pela Economia Neoclássica, que constitui o *mainstream* econômico. Como afirma Tigre (2006), enquanto os economistas clássicos do século XVIII focalizaram suas análises sobre o papel da acumulação de capital no crescimento econômico, no século XIX Marx se ocupou da mudança tecnológica e de seus impactos sobre a sociedade e os processos de trabalho, já considerando a tecnologia como um elemento presente nas relações produtivas e na valorização do capital. Machado (2006, p. 4) acrescenta que para alguns autores, “Marx foi o primeiro sociólogo das tecnologias”, pois posicionou o desenvolvimento das máquinas em um processo histórico e social.

Porém, foi Schumpeter (1984, p. 113) quem desenvolveu as idéias de Marx, destacando-se entre os economistas do século XX por realçar o impacto da inovação, do empreendedorismo e da concorrência na economia. Para ele, a natureza do capitalismo é a mudança e não o equilíbrio, eis porque o desenvolvimento econômico resulta de um processo de descontinuidade e inovação ou de “destruição criativa”. Quem contribui ativamente para este processo é o empreendedor, indivíduo especial, inovador, capaz de detectar oportunidades de negócios, de criar e manter empresas, de correr riscos e de gerar riqueza. A inovação é a variação, a concorrência é a seleção e ambas são essenciais para a mudança econômica.

Para Schumpeter (1982, p. 62), a inovação diferencia-se da invenção que, enquanto não for colocada em prática, é “economicamente irrelevante”. Sua concepção de inovação é abrangente e inclui a seguinte tipologia: novos métodos de produção ou comercialização de

produtos; novos produtos ou qualidades de produtos; novos mercados; novas fontes de oferta de matérias-primas ou insumos; e nova organização de qualquer indústria (SCHUMPETER, 1982, p. 48).

Hasenclever & Tigre (2002) lembram que o autor contemplou os dois modelos de empresa inovadora: a pequena empresa fundada pelo gênio criador do empreendedor e a grande empresa que busca rotinizar o processo de criação tecnológica por meio de estratégias empreendedoras e da gestão da inovação. No entanto, dada a evolução da economia capitalista, as *empresas estabelecidas* têm papel destacado em relação às *empresas nascentes*, motivo pelo qual o *empreendedorismo corporativo* acabou por distinguir-se do *empreendedorismo de start-up* (FERREIRA et al., 2008).

Cabe lembrar também os avanços na compreensão do significado da inovação em razão de estudos teóricos e empíricos conduzidos a partir dos anos 60. Até então predominava, em estreita relação com o *enfoque instrumental* da tecnologia, o *modelo linear de inovação*. Este era o resultado de estágios sucessivos e independentes entre pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento, produção e difusão, diferenciando-se apenas pela maior importância dada ao desenvolvimento científico (*modelo science push*) ou à demanda por novas tecnologias (*modelo demand pull*).

A partir dos anos 70, alguns autores tornam-se referências da Teoria Evolucionária ou Neo-schumpeteriana, delineando o campo da Economia da Tecnologia, que aproxima a Engenharia, a Administração e a Economia, em busca de um melhor entendimento da relação entre tecnologia, inovação, empresas e mercados. Dosi (1982) define *paradigma tecnológico* como modelo ou padrão de soluções para um conjunto de problemas de ordem técnica resultante das relações entre universidades e empresas. A tecnologia é entendida como um conjunto de conhecimentos teóricos e práticos. A *trajetória tecnológica*, por sua vez, corresponde à atividade normal de solução de problemas determinada pelo *paradigma tecnológico*. Uma vez que um caminho tecnológico tenha sido selecionado e estabelecido, define a *trajetória natural* do progresso tecnológico (NELSON & WINTER, 1977).

Freeman & Perez (1988) desenvolvem o conceito mais amplo de *paradigma tecnológico-econômico* como combinação de inovações de produto, processo, técnicas, organizacionais e gerenciais capazes de abrir novas oportunidades de investimento e lucro e de impor transformações radicais nos padrões usuais de engenharia e gestão. Cada *paradigma tecnológico-econômico* possui um conjunto específico de fatores-chave e indústrias-chave propulsores do crescimento econômico e as formas de organização industrial e de competição também se alteram. Portanto, novos requisitos para a atuação e qualificação dos engenheiros se tornam necessários a cada novo período e *paradigma tecnológico-econômico*. Existe uma relação intrínseca entre regime de produção e formação profissional.

Os anos 80 constituem um marco também em termos de concepções sobre inovação, pois Kline & Rosenberg (1986) propõem o *modelo de elo da cadeia*. A inovação passa a ter caráter circular, uma vez que pode ser iniciada em qualquer das etapas do processo, constituindo-se como resultado da interação entre as oportunidades de mercado e a base de conhecimentos e capacitações das empresas. Não apenas introduz-se o caráter de incerteza ao modelo, como as contínuas interações e *feedbacks* entre os diversos sub-processos se sobressaem.

Uma importante implicação a nível políticas e estratégias tecnológicas é o papel destacado das empresas e de suas relações com as universidades, institutos e laboratórios de pesquisa, uma vez que aquelas passam de simples compradoras de tecnologia a inventoras e solucionadoras de problemas surgidos no decorrer do processo de inovação. Quando este passa a ser entendido, não só de maneira interativa, mas também sistêmica, tem-se o conceito de *sistema de inovação*, sobre o qual existe ampla literatura disponível. Embora as empresas

mantenham seu papel proeminente, como no *modelo de elo da cadeia*, passam a ser percebidas como fortemente dependentes do contexto em que se inserem.

A partir de vários autores, Bergek *et al.* (2008, p. 408) oferecem o seguinte conceito: “um sistema de inovação é composto por atores, redes e instituições que contribuem para a função geral de desenvolvimento, difusão e utilização de novos produtos (bens e serviços) e processos”. Carlsson (2006) mostra que além do *nível tecnológico*, o conceito vem sendo utilizado também nos níveis *setorial*, *regional* e *nacional*, o que indica sua extensão, densidade e aplicabilidade.

Embora as explicações acerca da natureza e funcionamento da economia venham sofrendo sucessivas transformações, uma das mais importantes e recentes envolve a necessidade de incorporar à compreensão das empresas e mercados a nova dinâmica da tecnologia, da inovação, do empreendedorismo e da concorrência. A Economia da Tecnologia vem apontando a centralidade desses elementos, não apenas no nível das empresas, mas de redes mais amplas de atores sociais.

Cabe destacar que no nível dos *sistemas nacionais de inovação*, a literatura vem se ocupando das questões relativas ao *catch-up* ou encurtamento das disparidades entre países desenvolvidos e retardatários. Trata-se de uma empreitada não trivial, embora as experiências de sucesso da Alemanha, Estados Unidos, Japão, Coreia do Sul e Taiwan evidenciem a possibilidade de superação do *atraso econômico*, em sentido amplo, e do *atraso tecnológico*, em sentido estrito.

Neste segundo caso, os países retardatários buscam a redução do hiato tecnológico em relação aos países desenvolvidos, o que coloca em destaque o papel desempenhado por seus engenheiros e pela formação em engenharia. Como afirmam Mazzoleni & Nelson (2007, p. 1512) o *catching-up* é “o resultado de esforços deliberados para modificar e adaptar tecnologias e práticas às condições nacionais”.

De acordo com os autores, este processo é fundamentalmente influenciado pela co-evolução da educação superior, da pesquisa pública e das capacitações industriais. Contudo, para que a pesquisa realizada nas universidades e institutos públicos de pesquisa possa contribuir para o *catching-up*, é necessário o estreitamento de suas relações com as empresas.

Perez & Soete (1988) acrescentam que no momento em que novos *paradigmas tecno-econômicos* são introduzidos, abrem-se aos países retardatários *janelas de oportunidade*. Porém, estas só podem ser aproveitadas com sucesso se houver um nível mínimo de conhecimentos científicos disponíveis, o que coloca em destaque o papel das universidades. Apenas neste caso esses países têm chances de alcançar, ou mesmo ultrapassar, o nível de desenvolvimento dos países líderes.

De fato, a magnitude, complexidade e sofisticação do esforço tecnológico requerido dos países retardatários nos processos de *catching-up* tendem a aumentar a cada novo *paradigma tecno-econômico*, devido ao contínuo processo de incorporação de novos conhecimentos científico-tecnológicos aos já existentes. A capacitação nacional em engenharia torna-se crítica, tanto em termos quantitativos, como qualitativos, e sobretudo em países de grandes dimensões como o Brasil.

Vale ainda mencionar que Freeman (1997 *apud* TIGRE, 2006) assinala o surgimento de uma nova onda longa de mudança tecnológica baseada na convergência de conhecimentos derivados da biotecnologia, da genética e da nanotecnologia. Trata-se de um novo *paradigma tecno-econômico* capaz de afetar a infra-estrutura atualmente dominante e, como consequência, a prática da engenharia. Sem dúvida, a formação em engenharia não pode manter-se à parte dessas discussões.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inserção dos engenheiros em mercados de trabalho cada vez mais exigentes vem requerendo o domínio de conhecimentos em níveis mais amplos, além de habilidades relacionais e de atitudes mais abertas ao convívio com profissionais oriundos de outras disciplinas e culturas. Porém, os engenheiros precisam obter uma visão global da realidade, motivo pelo qual a interdisciplinaridade se impõe. Neste sentido, os Estudos CTS constituem um campo fértil para a discussão dos limites e possibilidades da sociedade atual, que é fortemente permeada pela técnica, pela engenharia e pela tecnologia.

Dentre as disciplinas que compõem o campo CTS, destacou-se neste artigo a Economia da Tecnologia, que introduz novas possibilidades de interpretação do impacto das inovações tecnológicas, organizacionais e institucionais sobre o processo produtivo, mostrando-se complementar à abordagem de construção social da tecnologia. De fato, a ciência, a tecnologia e a inovação não são autônomas em relação à sociedade. Ao contrário, encontram-se nela entranhadas.

As áreas de P&D concentram atividades exercidas eminentemente por engenheiros e constituem o *locus* privilegiado do intercâmbio e geração de idéias que se transformam em tecnologias e inovações. Os avanços na compreensão do significado de ambas vêm atestando o reconhecimento de seu papel proeminente no mundo capitalista atual e de sua complexidade ao envolver múltiplos atores, redes e instituições em seu processo de criação e difusão. Neste sentido, o *enfoque sistêmico* constitui novas possibilidades de interpretação do impacto das tecnologias e inovações na sociedade e no mercado. Eis porque considera-se mais adequada a expressão sistema de P,D&I.

Seja pelo interesse em modelos gerais de sociedade nos quais a tecnologia ocupa lugar central, seja pelo interesse na dinâmica do desenvolvimento tecnológico e da inovação, os Estudos CTS e a Economia da Tecnologia têm significativa contribuição a oferecer em termos de reflexões e propostas para a formação em engenharia. Com efeito, a engenharia hoje envolve representações mais abstratas, configurando-se como um campo complexo e estratégico que exige também um enfoque prospectivo. Os futuros engenheiros precisam menos do acúmulo de informações e mais de oportunidades de aprender a analisá-las de maneira contextualizada, criativa e com foco no futuro.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

\_\_\_\_\_. **Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia**. 2. ed. Florianópolis : UFSC, 2008.

BERGEK, A. *et al.* Analysing the functional dynamics of technological innovation systems: a scheme of analysis. **Research Policy**, v. 37, n. 3, p. 407-429, 2008.

CARLSSON, B. Internationalization of innovation systems: a survey of the literature. **Research Policy**, v. 35, n. 1, p. 56-67, 2006.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, v. 11, n. 3, pp. 147-162, 1982.



DUFFY, M. C. The changing nature of engineering. **Engineering Science and Education Journal**, v. 5, n. 5, p. 231-239, 1996.

FALLOW, L. Engineering education for the future. **Engineering Science and Education Journal**, v. 5, n. 5, pp. 196-200, 1996.

FERREIRA, M. L. A. CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA, Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação. **A engenharia e a educação em engenharia no Brasil da colonização aos desafios do século XXI: a trajetória do sistema nacional de inovação**, 2010, 217 p. Dissertação (Mestrado).

FERREIRA, M. L. A.; SOUZA, C. G.; SPRITZER, I. M. P. A. Prospecção tecnológica e educação em engenharia no Brasil. **Anais: XXXVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia** (Recife). Brasília : ABENGE, 2009.

\_\_\_\_\_. Interações universidade-empresa, novos modelos de universidade e novos perfis de formação em engenharia no Brasil. **Anais: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia** (Fortaleza). Brasília : ABENGE, 2010.

FERREIRA, M. L. A. *et al.* Empreendedorismo, inovação e concorrência schumpeteriana: um novo paradigma para a engenharia e a educação em engenharia. **Anais: XXXVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia** (São Paulo). Brasília : ABENGE, 2008.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crisis of adjustment, business cycles and investment behavior. In: **Technical change and economic theory**. London, N. Y. : Pinter Publishers, 1988, pp. 38-66.

GRINSPUN, M. P. S. Z. Apresentação. In: **Educação tecnológica: desafios e perspectivas**. 3. ed. São Paulo : Cortez, 2002. p.15-23.

\_\_\_\_\_. Educação tecnológica. In: **Educação tecnológica: desafios e perspectivas**. 3. ed. São Paulo : Cortez, 2002. p. 25-73.

HASENCLEVER, L.; TIGRE, P. B. Estratégias de inovação. In: **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro : Campus, 2002. p. 431-447.

KLINE, S. J.; ROSENBERG, N. An overview of innovation. In: **The positive sum strategy**. Washington D. C.: National Academy Press, 1986. p. 275-306.

LINSINGEN, I. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, Centro de Ciências da Educação. **Engenharia, tecnologia e sociedade: novas perspectivas para uma formação**, 2002. 2 v., 210 p. Tese (Doutorado).

MACHADO, C. J. S. As relações entre tecnologia, inovação e sociedade. **DataGramZero Revista de Ciência da Informação**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 1-19, 2006.

MARX, K. **O capital: crítica da economia política**. Livro 1: o processo de produção capitalista. v. 1. Rio de Janeiro : Civilização Brasileira, 1975.

MAZZOLENI, R.; NELSON, R. R. Public research institutions and economic catch-up. **Research Policy**, v. 36, n. 10, p. 1512-1528, 2007.

NELSON, R. R.; ROSENBERG, N. Technical innovation and national systems. In: **National innovation systems: a comparative analysis**. New York : Oxford University Press, 1993. p. 3-21.

\_\_\_\_\_ ; WINTER, S. G. In search of useful theory of innovation. **Research Policy**, v. 6, n. 1, pp. 36-76, 1977.

NIINILUOTO, I. **Critical scientific realism**. New York : Oxford University Press, 1999.

\_\_\_\_\_. **Scientific progress**. Stanford Encyclopedia of Philosophy. First published Tue Oct 1, 2002; substantive revision Mon Feb 26, 2007. Disponível em: <<http://plato.stanford.edu/entries/scientificprogress/>> Acesso em: 05 mai. 2010.

OSORIO, C. M. Enfoques sobre la tecnología. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación**, n. 2, enero-abril, p. 1-17, 2002.

PEREZ, C.; SOETE, L. Catching-up in technology: entry barriers and windows of opportunity. In: **Technical change and economic theory**. London, New. York : Pinter Publishers, 1988, p. 458-479.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. Coleção Os Economistas. São Paulo : Abril Cultural, 1982.

\_\_\_\_\_. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro : Zahar, 1984.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

VARGAS, M. Introdução. In: **História da técnica e da tecnologia no Brasil**. São Paulo : UNESP : Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 1994. p. 13-35.

## **STS STUDIES AND ECONOMICS OF TECHNOLOGY IN ENGINEERING EDUCATION**

**Abstract:** *This article presents the contributions of Studies on Science, Technology and Society (STS Studies) and the Economics of Technology for engineering education. In the first part, it presents the relations between technique, engineering and technology. In the sequence it presents the nature of STS Studies, emphasizing its importance to the reflections and proposals for change in engineering education today. Following, it highlights the contributions of Economics of Technology for engineering education and it presents the final considerations. It appears that engineering today involves more abstract representations, configuring it as a strategic and complex field that requires an interdisciplinary, systemic and prospective approach.*

**Key-words:** *STS Studies, Economics of Technology, Engineering Education.*