

EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA E A APRENDIZAGEM DA AVALIAÇÃO DE IMPACTO TECNOLÓGICO

Marcia R Carletto¹; Fernando S. P. Sant'Anna²; Demétrio Delizoicov³

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Campus Ponta Grossa
Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica – PPGECT
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Campus Universitário - Trindade
88040-900 – Florianópolis – SC
carletto@uol.com.br

²UFSC - Centro Tecnológico - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
santanna@ens.ufsc.br

³UFSC - Centro de Ciências de Educação - Departamento de Metodologia de Ensino
demetrio@ced.ufsc.br

Resumo: *Esse estudo parte de recomendações contidas nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN's) para a graduação em Engenharia e da pesquisa bibliográfica, com o objetivo de evidenciar as possibilidades da Avaliação de Impacto Tecnológico (AIT) para a educação em engenharia. Pressupõe que muitas das implicações socioambientais são decorrentes do “perfil” dos produtos, processos e serviços desenvolvidos por engenheiros. Desse contexto, emerge o questionamento sobre as bases que estão formando profissionais para o desenvolvimento de tecnologias. Os resultados indicam uma atenção incipiente ao ensino da tecnologia, revelam um caráter técnico, fragmentado, vinculado ao conceito de ciência aplicada; apontam a necessidade de implementação de metodologias para a superação da fragmentação disciplinar e problematização de conflitos e limites presentes no desenvolvimento de projetos de inovação. Verifica-se, então a Avaliação de Impacto Tecnológico como uma possibilidade educativa que aliada ao enfoque CTS poderá proporcionar além de uma renovação pedagógica a aprendizagem crítica da tecnologia.*

Palavras-chave: *Ensino de Engenharia, Diretrizes Curriculares Nacionais, Avaliação de Impacto Tecnológico, Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).*

1. INTRODUÇÃO

No momento em que “a tecnologia e a inovação”, ocupam um lugar determinante no mais novo paradigma de crescimento das nações, centrado no desenvolvimento tecnológico (Joint Centre for Bioethics, 2005), destaca-se a educação em engenharia como elemento-chave nesse processo, por se tratar de atividade, por excelência, condutora da inovação nos setores econômicos.

O Programa Inova Engenharia – Propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil, lançado pelo Instituto Euvaldo Lodi – IEL (2006) e Confederação Nacional da Indústria - CNI relaciona claramente a vinculação do engenheiro com o novo status que a tecnologia recebe no panorama global ao afirmar que tecnologia e engenharia são conceitos indissociáveis.

Sabe-se que a inovação tecnológica deriva de um processo complexo e interativo, que pode acarretar diferentes impactos socioambientais (tanto benefícios, quanto riscos), os quais somados às demandas do desenvolvimento e da variável ambiental, transformam-se em desafios para o ensino de engenharia.

É nessa perspectiva, que a questão ambiental ganha espaço nesse trabalho, como uma vertente necessária à formação do engenheiro, e requisita, além de uma maior atenção aos limites da natureza como apontado pelo IPCC¹(2007), um modelo educativo que privilegie o desenvolvimento de uma consciência crítica e responsável do fazer tecnológico e de seus impactos (SOLBES y VILCHES, 2004).

Apesar da necessidade de ação formativa visando uma ampla compreensão da complexidade do processo de inovação e das implicações sociais e ambientais ligadas aos impactos da tecnologia estar contemplada nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN's) para a Graduação em Engenharia, Brasil (2002, p.1), as publicações em livros, periódicos e anais de eventos científicos vêm apontando lacunas nessa área.

Um exemplo, pode ser observado nos resultados encontrados por Solbes y Vilches (2004), de que a maior parte dos estudantes de ensino médio e superior, não são capazes de avaliar as repercussões do desenvolvimento tecnocientífico, suas implicações socioambientais, culturais, econômicas, ..., nem mesmo os interesses por detrás das diferentes posições em relação aos possíveis problemas que geram e as perspectivas que abrem. Acrescentam ainda, que o estudo acadêmico da tecnologia raramente tem se ocupado da análise de seus efeitos.

E na educação em engenharia, como essa questão tem sido tratada?

Em um estudo exploratório que analisou as grades curriculares e ementários de quatro cursos de engenharia, Carletto e von Linsingem (2007), observaram que apesar da excelência para a formação de *know how* técnico, a comunicação entre as disciplinas é incipiente e um número pouco significativo delas trata de algum tipo de avaliação de impacto tecnológico, sendo que em dois dos cursos verificados, nenhuma disciplina faz essa abordagem.

De certo modo Vaccarezza (1998); Maiztegui et al. (2002); Fourez (2003), também, se aproximam dessa problemática ao alertar para a pouca atenção dada à tecnologia nos currículos escolares, sobretudo, na educação científica. Na mesma perspectiva, Gil-Pérez y Vilches (2006) se reportam à escassa atenção dada às questões que se relacionam com o futuro do planeta e com os problemas ambientais globais. Enquanto Bazzo (1998) justifica que na engenharia, o enfoque frequentemente privilegia a dimensão técnica e econômica.

Se por um lado, o caráter multidimensional da tecnologia e suas implicações socioambientais, têm recebido abordagens superficiais, ou ficam relegadas a um segundo plano (Acevedo, 2006); por outro lado, a velocidade dos avanços sociotécnicos permite que as inovações aconteçam num ritmo cada vez mais rápido (Arocena y Shutz, 2003). Em função disso, não deve causar espanto, o aumento dos impactos, tão característicos da sociedade contemporânea, já que o desenvolvimento de novas tecnologias está ocorrendo sem a necessária avaliação crítica.

Diante desse quadro, objetiva-se abrir espaço para reflexão sobre a pertinência da avaliação de impacto tecnológico para a formação do engenheiro. O texto explora inicialmente as demandas da atualidade para educação do engenheiro, suas relações com a tecnologia e com a problemática ambiental, tendo como referência os fundamentos do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS); analisa princípios ditados pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN's) – para a graduação em engenharia que fundamentam a intencionalidade de uma aprendizagem para a avaliação do impacto tecnológico (AIT), a qual é destaca como meio de estimular a interpretação de tecnologias e suas repercussões na sociedade; identificar seus limites e poderes; orientar novos valores e novos modos de produção em bases sustentáveis.

¹ Intergovernmental Panel On Climate Change – IPCC. Disponível em:< <http://www.ipcc.ch/>>

2. EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE

A importância crescente que a tecnologia recebe no ideário da atualidade tornou indispensável uma alfabetização científica e tecnológica para todos os cidadãos, (Acevedo, 1998; Fourez, 1997). Para a educação em engenharia, essa perspectiva vem acrescida de um desafio maior – o de formar o profissional que vai desenvolver e implementar tecnologias.

Apesar disso, as práticas em engenharia, normalmente se desenvolvem no sentido de resolver problemas e desenvolver produtos que se materializem em soluções para supostas necessidades, numa perspectiva técnica e mercadológica com forte apelo ao consumo massivo. Na opinião de Acevedo (2001) essa realidade resulta do enfoque dado à tecnologia, destinado preferentemente a formar tecnicamente para a indústria tecnológica.

No entanto, em função dos avanços da mudança climática global e das pressões sociais a favor da equidade social, os cenários que se desenham estão requisitando um modelo de ensino menos reducionista, a fim de proporcionar um entendimento crítico do desenvolvimento tecnológico e de suas decorrências.

É assim, que em decorrência de suas características contextualizadoras e integradoras, e de suas potencialidades para oportunizar o desenvolvimento de capacidade analítica e crítica, destaca-se o estudo CTS como gerador de conteúdos e metodologias capazes de permear a Educação Científica e Tecnológica e trazer à tona questões fundamentais e complementares à formação do engenheiro.

Nesse sentido, BAZZO (2002) afirma que em linhas gerais, CTS pode ser entendido como uma área de estudos onde a preocupação maior é tratar a ciência e a tecnologia tendo em vista suas relações, conseqüências e respostas sociais que podem ser caracterizadas por inúmeras temáticas com uma preocupação comum: a forte interdisciplinaridade de suas bases epistemológicas.

A partir desse ponto contempla-se a rede de relações e de conhecimentos que permeiam a educação em engenharia, e que se constituem em âmbitos de reflexão diferenciados, mas convergentes, que em conjunto podem contribuir para a construção de um conceito de tecnologia, mais realista e contextualizado.

2.1 O enfoque crítico da tecnologia

O questionamento sobre quais aspectos do conhecimento da tecnologia devem ser contemplados na Educação em Engenharia, remete a Fourez (2003), que sugere um enfoque que dê condições aos alunos de analisar os efeitos organizacionais de uma tecnologia, e isso implica em considerações sociais, econômicas e culturais que vão muito além de uma aplicação das ciências. Segundo o autor, é a compreensão da implicação do social e, acrescente-se também, do ambiental na construção das tecnologias que possibilita um estudo crítico das mesmas.

Ressalta, que o objetivo que normalmente integra a tecnologia aos currículos escolares é proporcionar ao aluno o entendimento do seu mundo tecnológico. A ideologia dominante dos professores é que as tecnologias são aplicações das ciências. Julgam que ao compreenderem ciências, os alunos também, compreenderão as tecnologias.

Comum nos meios acadêmicos, na sociedade e na mídia a concepção da tecnologia como ciência aplicada está vinculada à concepção essencialista-triunfalista da ciência, ligada ao modelo linear de desenvolvimento e que pode ser resumida em uma simples equação: + Ciência = + Tecnologia = + riqueza = + bem estar social. Reflete um ponto de vista que atingiu o senso comum e que impede a percepção de interesses e valores que normalmente determinam o desenvolvimento do aparato científico (LÓPEZ CERESO, 1998).

A partir daí, a idéia de que a superação dos problemas atuais, dependem de mais ciência e tecnologia, é aceita amplamente, sem questionamento dos valores e interesses aí implicados,

enquanto questões como sustentabilidade e exclusão social ficam reduzidas a um problema tecnológico, passível de ser resolvido com mais conhecimento tecnocientífico, tornando-se uma questão de tempo e perspectiva de desenvolvimento futuro.

É assim, que para boa parcela de segmentos da sociedade, a prioridade deve ser a aceleração do desenvolvimento. Pois como exemplifica Sachs (2002, p.51), “as externalidades negativas produzidas nesse rumo poderão ser neutralizadas posteriormente”. Na perspectiva desse *otimismo epistemológico*, as soluções técnicas sempre poderão ser concebidas para resolver problemas e garantir o progresso material das sociedades humanas. Em oposição, as vozes dos catastrofistas se erguem para reclamar os efeitos caóticos da degradação ambiental, da exclusão social e dos riscos à sobrevivência ‘do e no’ planeta.

Entre as duas visões discordantes, o autor aconselha o paradigma do caminho do meio, a partir de um aproveitamento racional e ecologicamente sustentável da natureza, orientado para as necessidades (em lugar de direcionado pelo mercado), condição que forçosamente exigirá o desenvolvimento de habilidades para “transformar os elementos do meio ambiente em recursos sem destruir o capital natureza” (SACHS, 2002, p. 69-70).

Nesse contexto, o perfil da tecnologia - recursos que utiliza, como afeta seus usuários, utilização que lhe é dada, descarte e a parcela que lhe cabe na exaustão dos recursos naturais, passam a ser elementos definidores obrigatórios do desenho das novas tecnologias.

Em relação aos impactos que podem causar, Kiperstok (1999) sugere que poderão ser melhor analisados ao considerar-se três fatores principais, crescimento populacional, crescimento do consumo per capita e o impacto ambiental de cada produto consumido. Esses três itens juntos ampliam as possibilidades para identificar impactos potenciais.

Todt (2002, p.1), também foca no perfil da tecnologia, - para ele “uma parte significativa dos problemas ambientais e globais do planeta são o resultado direto de se ignorar o caráter profundamente social da tecnologia e do processo mesmo de seu desenho e desenvolvimento”.

No conjunto os autores trazem à baila, questões fundamentais que devem ser consideradas no processo de aprendizagem para a inovação, e requerem uma mudança não só metodológica, como também conceitual, no sentido de propiciar um conhecimento mais amplo e integrado do processo de inovação e suas repercussões.

Essa perspectiva ganha respaldo quando, López-Cerezo (2006)² chama atenção para o fato de que os avanços atuais da ciência e da tecnologia tornaram possível transformar o perigo inevitável do passado em um risco, o qual deverá ser objeto de responsabilidades por ação ou omissão de um ou mais agentes sociais. Ou seja, o nível de conhecimentos alcançado hoje, permite identificar pontos frágeis, substituir materiais impactantes, reduzir ao máximo emissões perigosas, prever catástrofes, e gerenciar os riscos.

O autor esclarece que o novo papel do conhecimento científico, passou a ser o controle dos efeitos não desejáveis do desenvolvimento tecnológico e sua reorientação. Portanto, cabe à educação científica e tecnológica, fornecer subsídios metodológicos e epistemológicos, para que engenheiros e tecnólogos possam integrar suas práticas a essas novas perspectivas.

Em contribuição, Solbes e Vilches (2004) relacionam os principais itens que devem ser contemplados quando o interesse for formar cientistas responsáveis. Será necessário, entre outras coisas, que os estudantes: *a)* tenham uma visão adequada de quais são os problemas que enfrenta hoje a humanidade, suas causas e as possíveis medidas a adotar; *b)* compreendam o papel da ciência e da tecnologia na solução de problemas; *c)* sejam conscientes da influência da sociedade e dos interesses particulares nos objetivos da ciência e da tecnologia; *d)* sejam capazes de realizar avaliações sobre determinados desenvolvimentos científicos e tecnológicos, em particular seus riscos e seus impactos tanto sociais como

² LÓPEZ-CEREZO, J. A. *Conferência do Ciclo de Cultura Científica*. Organização dos Estados Iberoamericanos (OEI), Centro Cultural de España – Buenos Aires. Fragmento de la conferencia dictada el día 5 jul. 2006.

ambientais; e, e) Compreendam a necessidade de controle social que evite a aplicação apressada de tecnologias que não foram suficientemente testadas («principio de precaução»).

Aos critérios técnicos, Vilches y Gil-Pérez (2003) acrescentam outros de natureza ética, como : * Dar prioridade a tecnologias orientadas para a satisfação de necessidades básicas que contribuam para a redução das desigualdades; * Desenhar e utilizar instrumentos que garantam o seguimento destes critérios, como a Avaliação de Impacto [Tecnológico] para analisar e prevenir os efeitos negativos das tecnologias e facilitar a tomada de decisões em cada caso.

A partir dessa argumentação questiona-se como será possível aliar os conteúdos técnicos a essas questões importantes, mas diversas? Como a organização disciplinar poderá dar espaço para esse entrelaçamento de conteúdos? Quais as possibilidades de que durante a formação do engenheiro ele possa refletir de forma consistente e crítica sobre esses aspectos?

López Cerezo y Valenti (2007), indicam que o próprio processo ensino aprendizagem em educação tecnológica deve realizar mudanças metodológicas, didáticas e atitudinais de forma que a participação e a inovação sejam levadas à sala de aula. O objetivo é estimular no educando um sentido crítico que, sobre a base de um conhecimento sólido o motive e o capacite para implicar-se ativamente como cidadão e como profissional nos assuntos relacionados com a tecnologia.

Esse objetivo está contemplado nas determinações das Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN's) para a Graduação em Engenharia, Brasil (2002, p.1), que recomendam ação formativa para uma compreensão mais ampla das implicações sociais e ambientais ligadas aos impactos da tecnologia, como exposto a seguir.

2.2 Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação em Engenharia

De acordo com o relatório do Parecer CNE/CES 1.362/2001 de 12/12/2001 que apresenta as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN's) para a Graduação em Engenharia, Brasil (2002, p.1) “o desafio que se apresenta para o ensino de engenharia no Brasil é um cenário mundial que demanda uso intensivo da ciência e tecnologia e exige profissionais altamente qualificados”. Para fazer frente a essas exigências, o engenheiro deverá ser capaz de propor soluções que sejam não apenas tecnicamente corretas, mas de considerar os problemas em sua totalidade, em uma cadeia de causas e efeitos de múltiplas dimensões.

Esclarece que o que se pretende é uma formação que prepare tanto para atender às pressões do mercado, quanto para um fazer tecnológico centrado no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis. É assim, que a necessidade de ação formativa visando uma ampla compreensão da complexidade ambiental e dos fenômenos socioambientais ligados aos impactos da tecnologia está contemplada nas DCNs - para a Graduação em Engenharia, Brasil (2002a, p.1) que ditam os princípios, fundamentos, condições e procedimentos para a formação de Engenheiros.

Enfatiza-se aqui, o seu Art. 4º item XI – que aborda como um dos objetivos da formação do engenheiro a aquisição de conhecimentos para *avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental*. Recomenda, assim, o desenvolvimento de compreensão do processo tecnológico, em suas causas e efeitos e a avaliação dos impactos sociais, econômicos e ambientais resultantes da produção, gestão e incorporação de novas tecnologias.

Em relação a esse item, o Parecer CNE/CEB nº 29/2002, Brasil (2002b) faz a seguinte referência:

tornou-se imprescindível estimular a compreensão sobre os impactos, positivos e negativos, gerados pela introdução de novas tecnologias e de sistema de gestão que incorporem as variáveis ambientais. [...] O entendimento dos fenômenos sociais

relacionados com os impactos ambientais não pode, portanto, ser entendido como um conjunto de conhecimentos complementares aos conhecimentos tecnológicos do profissional em meio ambiente, mas sim, como componentes indissociáveis da Educação Profissional de Nível Tecnológico. [...] Tão importante quanto a reflexão crítica é o conhecimento e o desenvolvimento de novas tecnologias capazes de reduzir o consumo de recursos naturais e de ampliar a eco-eficiência nos processos produtivos.

Essas colocações só fazem evidenciar os argumentos apresentados até aqui, da necessidade de dar condições para que o futuro engenheiro vivencie em seu espaço de aprendizagem, a análise de seus protótipos tecnológicos, a fim de verificar seus impactos e ao identificar problemas, buscar soluções, num exercício que une a teoria e a prática, ao mesmo tempo em que lhe fornece fundamentos para atuar no desenvolvimento tecnológico de base científica.

Apesar de não indicar caminhos, de como implementar essas recomendações, as DCN's oferecem uma abertura significativa à inovação pedagógica, ao exigir a elaboração de um Projeto Político Pedagógico (PPP) e o desenvolvimento de trabalhos de conclusão de curso que integrem os conhecimentos adquiridos.

Esses dois requisitos juntos, acabam se transformando em vias de acesso para que uma proposta de Avaliação de Impacto Tecnológico possa ser viabilizada no processo ensino-aprendizagem da engenharia. Pois o projeto político pedagógico é uma construção coletiva e requer a participação de todos os professores; permite a busca por novas metodologias; a resolução de problemas; elaboração de propostas para formação continuada; enfim, é uma construção coletiva. Enquanto os projetos de conclusão de curso podem, por exemplo: ser utilizados como pano de fundo para um trabalho interdisciplinar; envolvendo alunos e professores em seminários e/ou laboratório para avaliar impactos de seus protótipos tecnológicos. É evidente que isso requer o interesse e esforço dos docentes, no sentido de rever suas práticas e buscar caminhos para torná-la exequível.

Da confluência dos argumentos apresentados até aqui, emerge as possibilidades da Avaliação de Impacto Tecnológico, termo cunhado no desenvolvimento de uma pesquisa que se encontra em andamento (Carletto, 2007), e que será apresentado sinteticamente.

3. A AVALIAÇÃO DE IMPACTO TECNOLÓGICO (AIT)

A AIT é um conceito pedagógico, que resulta da aproximação de vertentes relacionadas a modelos de regulação de tecnologias, como os fundamentos significativos selecionados da *Avaliação de Tecnologias – AT* - Sanmartín y Hronszky (1994), Bazzo; von Linsingen e Pereira (2003), Mendizábal et al (2003), entre outros; da *Avaliação Construtiva de Tecnologias* - Schot and Rip (1997), Gonzáles García, López Cerezo y Luján, (1996), entre outros.

Diz respeito a uma atividade de avaliação prévia, antecipada, de uma dada tecnologia para identificação de causas e efeitos, que poderão impactar não só o ambiente, mas também a sociedade, durante o desenvolvimento de projetos de inovação, fase anterior à produção, gestão e incorporação de tecnologias.

É de cunho eminentemente interdisciplinar e requer a aplicação de conhecimentos de diversas áreas da engenharia como: gerenciamento de projetos, gestão da tecnologia, gerenciamento ambiental, tecnologia de materiais, entre outras..., o que permite a integração de conhecimentos, o exercício da reflexão crítica na solução de problemas, a pesquisa integrada e finalmente a tomada de decisões fundamentadas, não só pelo conhecimento científico, mas também na responsabilidade ética.

Carrega em seu bojo padrões e fundamentos teórico-metodológicos que podem guiar professores da área tecnológica, durante as atividades práticas que envolvem a dinâmica da aprendizagem focada no processo de inovação.

De acordo com Sanmartín y Ortí (1992), a avaliação de tecnologias é entendida como um conjunto de métodos para analisar os diversos impactos da aplicação de tecnologias, identificando inclusive os grupos sociais afetados e estudando o efeito de possíveis tecnologias alternativas. Seu objetivo último consiste em tratar de reduzir os efeitos negativos da tecnologia, otimizando seus efeitos positivos e contribuindo para a sua aceitação pública.

Em sua concepção tradicional a avaliação de tecnologias normalmente se realiza a nível de órgãos e agências governamentais reguladores, mas de acordo com Goldmam³ (1984, p.80 apud BURSZTYN 2001,p.20) as demandas da atualidade estão a indicar que “cabe aos engenheiros e tecnólogos, e não apenas às agências governamentais reguladoras, preocupar-se com a segurança e pensar nas conseqüências remotas, devendo ser capazes de avaliar criticamente os programas que lhes são dados a implementar”.

Segundo os autores o modelo clássico de AT está centrado na regulação dos produtos da atividade tecnológica. Possui quatro fases, a saber: 1- *Identificação de impactos*: estudo da interação entre tecnologias e contextos sociais. O foco é distinguir impactos diretos e indiretos; 2- *Análise de impactos*: determina a probabilidade, severidade e tempo de difusão dos impactos identificados, grupos afetados e sua resposta provável, bem como a magnitude previsível dos impactos indiretos. Existem diversos tipos de análise: custo-benefício, modelos de simulação, métodos *delphi* de sondagem de opinião especializada, etc.; 3- *Valoração de impactos*: procura determinar a aceitabilidade dos impactos analisados à luz de valores dados; e, 4- *Análise de Gestão*: fase que fornece assessoramento para a tomada de decisões em desenvolvimento de produtos e de modo mais amplo em política científico-tecnológica.

Já a Avaliação Construtiva de Tecnologias é uma proposta diferenciada de AT, por ir mais além das questões tradicionais e renovar-se no processo de geração ou “construção” das tecnologias limpas (adequadas ao meio ambiente). É na verdade, um modelo antecipatório, orientado interdisciplinarmente, que se ocupa também, em identificar a diversidade de valores e interesses presentes no desenvolvimento da tecnologia analisada.

Desse modo, supõe uma aposta a favor da regulação democrática da inovação tecnológica, implicando na conveniência de uma aprendizagem social, em que as instituições educacionais, passam a desempenhar o papel de laboratórios para uma avaliação que considera os atores envolvidos (*stakeholders*), mesmo que por simulações, para identificar implicações sociais de diversas ordens, desmistificando, inclusive, concepções errôneas sobre a ciência e tecnologia (neutralidade / tecnofilia / tecnofobia).

Conforme Bazzo; von Linsingen e Pereira (2003), a avaliação construtiva de tecnologias supõe uma clara melhoria da avaliação clássica, derivada da aplicação dos resultados de pesquisa CTS da década de 70 e dos anos 80, quando teve resultados significativos na aplicação em projetos sobre tecnologias limpas, entre outros.

Durante o desenvolvimento curricular relacionado ao processo de uma inovação tecnológica, normalmente os alunos recebem base teórica a respeito da gestão da tecnologia voltada para o desenvolvimento da criatividade, visando a solução de problemas tecnológicos e desenvolvimento de produtos. Porém, nenhuma fundamentação é dada, no sentido de levar o aluno a refletir sobre as implicações dessas inovações, que por mais inofensivas que pareçam, poderão estar gerando implicações de várias ordens.

A superação dessa lacuna se faz pela discussão de valores controversos dentro da realidade onde os alunos estão inseridos, dinamizando a aula e propondo aos alunos não só a

³ Decentralizing Power: Paul Goodman's Social criticism, obra organizada por Taylor Stoehr, Black Rose Books, Montreal, 1984,p.80.

reflexão crítica, mas também, a seleção e definição dos guias de avaliação mais adequadas às características do produto, sistema, processo ou serviço a ser avaliado.

Nessa fase, os alunos estarão selecionando conhecimentos, integrando-os e provavelmente construindo novas visões. Do confronto dos dados analisados é que surgirá a possibilidade de identificação das implicações, benefícios ou interesses, abrindo ao debate, simulando discussões públicas, permitindo a evolução para o posicionamento fundamentado.

A partir daí, se desencadearão outros passos, referentes à problematização dos itens avaliados, a busca de soluções, o desenho de tecnologia alternativa. Integrando-se assim as questões teóricas aos problemas práticos.

Uma das questões fundamentais nesse processo é lembrar que a educação, necessita ter como objetivo primeiro a conscientização (Freire, 1987), isto é, que, antes de tudo, provoque uma atitude crítica, de reflexão, que comprometa a ação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O entendimento de que os desafios impostos à inovação e gestão tecnológica se conectam diretamente à formação do engenheiro, demandam uma renovação pedagógica para a educação científica e tecnológica e requisitam uma abordagem crítica e contextualizada da tecnologia a fim de fornecer subsídios para compreensão da dinâmica tecnológica.

A revisão bibliográfica dos temas aqui implicados trouxe a tona resultados de estudos que revelam a pouca atenção dada ao enfoque crítico da tecnologia, à presença incipiente de disciplinas envolvidas com a análise de tecnologias, assim como a quase ausência de abordagem dos problemas ambientais globais. Ficou claro que o enfoque predominante privilegia a dimensão técnica-econômica da tecnologia.

Outras questões que emergiram desse estudo estão ligadas às concepções que guiam as ações e determinam o perfil das tecnologias (Sachs, 2002; Todt, 2002 e Kiperstok, 1997), se constituem em elementos que devem ser considerados no processo de aprendizagem para a inovação, e requerem, não só uma mudança metodológica, como também conceitual, no sentido de propiciar um conhecimento mais amplo e integrado do processo de inovação e suas repercussões.

No entanto, as abordagens nos cursos de engenharia, normalmente vêm embutidas em concepções reducionistas e fragmentadas pela organização disciplinar e ainda pautadas em tentativas de dominação e controle da natureza.

Transcendendo a essa perspectiva, evidencia-se que a *Avaliação de Impacto Tecnológico*, abre possibilidades para integração de conteúdos e para facilitar a aprendizagem e exercícios de análise de tecnologias na educação em engenharia. Visa o aprendizado tecnológico, ou seja, é um exercício para ser vivenciado em conjunto com as atividades pedagógicas que envolvem o desenvolvimento de produtos durante a formação do engenheiro. Está focada justamente na possibilidade de avaliação prévia e antecipada dos impactos, sociais e ambientais que esse produto, sistema ou serviço poderá acarretar, é sobretudo, na problematização e contextualização que esse procedimento gera com as diversas áreas do conhecimento, integrando conteúdos estudados e permitindo o exercício de prevenção de problemas antes que aconteçam, que a AIT se baseia.

Trata-se de colocar em prática a máxima “prevenir e não consertar”, exercício esse que vem ao encontro das recomendações das DCN’s, no tocante à necessidade de dar aos futuros engenheiros a oportunidade de aprenderem a avaliar os impactos decorrentes das atividades da engenharia, como também satisfaz a necessidade de integração de disciplinas e conteúdos estudados, além de propiciar uma visão crítica das relações presentes entre ciência, tecnologia e sociedade.

Acredita-se assim, que a aprendizagem da Avaliação de Impacto Tecnológico, se constitui em uma forma alternativa de abordagem CTS focada na inovação e na sustentabilidade, capaz de promover a integração não só de conteúdos, mas da teoria com a prática, no exercício planejado de análise de tecnologias. Diante desse potencial integrador manifesta-se as suas possibilidades para a educação em engenharia a favor do enfrentamento das demandas atuais para a formação do engenheiro.

E por último, mas não menos importante, como Jickling (1992), considera-se que o que mais importa é tornar os estudantes capazes de debater, avaliar e julgar por eles mesmos os méritos das posições conflitantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AROCENA, R. y SUTZ, J. **Subdesarrollo e innovacion: navegando contra o vento**. OEI, Madri: Cambridge University Press, 2003.

ACEVEDO, J. A. Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. **Enseñanza de las Ciencias**. Investigación Didáctica, 16 (3), 1998. pp. 409-420

_____. Educación Tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema. **Sala de Lecturas CTS+I de la OEI**. 2001 Disponível em <<http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo.htm>>. Acesso em: 5mai2004.

_____. Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, 3, 2006, pp.198-219. Disponible em:<<http://www.apaceureka.org/revista/Larevista.htm>> Consultado em: 15/8/2006.

BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade: e o contexto da Educação Tecnológica**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998. 319 p.

_____. A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica. **Revista Iberoamericana de Educação Tecnológica**, n. 28, Janeiro-abril, Madri – Espanha, 2002.

BAZZO, W. A.; von LINSINGEN, I.; PEREIRA, L.T.V. **Introdução aos estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade)**. Cadernos de Ibero-América, Madri : OEI, 2003.

BRASIL – MEC – Ministério de Educação, CNE – Conselho Nacional de Educação – **Diretrizes Curriculares Nacionais – Graduação em Engenharia**. Parecer CNE/CES 1362/2001, D.O.25 fev 2002a, seção1, p17.

BRASIL. Parecer CNE/CES 1.362/2001 de 12/12/2001. Diretrizes Curriculares Nacionais do Cursos de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 fev. 2002b. Seção 1, p. 17.

BURSZTYN, M. (org.) **Ciência, ética e sustentabilidade: desafios ao novo século**. 2.ed. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2001.

CARLETTO, M. R.. **Educação em engenharia, prática docente e a questão da avaliação de impactos tecnológicos.** (texto para qualificação de doutoramento), Florianópolis: PPGECT -UFSC, 2007.

CARLETTO, M. R. e von LINSINGEN, I. **Educação em Engenharia e a emergência planetária.** Primer Congreso Argentino de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes, Argentina. 5 y 6 de Julio de 2007.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

_____. **Pedagogia da esperança** p. 133: 1992.

FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias,** Colihue, Buenos Aires, 1997.

_____. Crise no Ensino de Ciências? **Investigações em Ensino de Ciências.** Porto Alegre – Instituto de Física da UFRGS, v.8, n.2, ago. 2003.

GIL-PÉREZ, D. El papel de la educación ante las transformaciones científico-tecnológicas. **Revista Iberoamericana de Educación. Ciência, Tecnologia y Sociedad Ante la Educación.** Madrid. Espanha : OEI, n.18, septiembre – diciembre, 1998. p.69-80.

GIL-PÉREZ, D y VILCHES, A. Algunos obstáculos e incomprensiones em torno a la sostenibilidad. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciências:** Asociación de profesores Amigos de La Ciência-Eureka. Vol.3, n.3, pp.507-516, 2006. Disponible em: <http://www.apac.eureka.org/revista/volumen3/n_3_3/gil_vilches_2006.pdf> Acesso em: 11/04/2007.

GONZÁLES GARCÍA, M. I.; LÓPEZ CERESO, J. A. Y LUJÁN, J. L. (Eds.). **Ciencia, tecnología y sociedad:** una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Madri: Tecnos, 1996.

INSTITUTO EUVALDO LODI (IEL). Núcleo Nacional. **Inova engenharia** propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil. Brasília: IEL.NC/SENAI.DN, 2006. 103 p.

JICKLING, B. Why don't want my children to be educated for sustainable development. In **Journal of Environmental Education,** Washington DC, USA: Heldref Pub., vol. 23, nº 4, 5-8, 1992.

JOINT CENTRE FOR BIOETHICS. Ciência, tecnologia e inovação como motores do desenvolvimento. Canadá, 2005. Disponible em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br>> Acesso em: 14/01/2005.

KIPERSTOK, A. Tecnologias limpas: porque não fazer já o que certamente virá amanhã. **Revista TECBAHIA- Revista Baiana de tecnologias.** Camaçari, Ba, v. 14, n.2, p.45-51,1999.

LEFF, E. **Racionalidade ambiental**: reapropriação social da natureza. Trad. Luis Carlos Cabral. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

LÓPEZ CERREZO, J. A. Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en europa y estados unidos. **Revista Iberoamericana de Educación**. Madrid – ES: Organização dos Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). n.18, pp.41-68, 1998.

LÓPEZ CERREZO, J. A., VALENTI, A. Educación tecnológica em el siglo XXI. Disponible em: <<http://www.campus-oei.org/salactsi/edutecsigoxxi.htm>> Acesso em: 04/11/2005.

MENDIZÁBAL, G.A. et al. Desarrollo de una Guía de Evaluación de Impacto Social para Proyectos de I+D+I. Revista Iberoamericana CTS+I, n. 5, Jan-abr, Madri – Espanha, 2003. Disponível em <<http://www.campus-oei.org/revistactsi/numero5/index.html>>, acesso em 07/03/2005.

OSORIO, C. M. La educación científica y tecnológica desde el enfoque em ciência, tecnologia y sociedad: aproximaciones y experiencias para la educación secundaria. **Revista Iberoamericana de Educación** n.28, Enseñanza de la Tecnología: OEI, Enero-Abril, 2002.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentavel**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SANMARTÍN, J. e HRONSZKY, I., (eds.). **Superando fronteras**: estudios europeos de ciencia-tecnología-sociedad y evaluación de tecnologías. Barcelona, Anthropos, 1994.

SANMARTÍN, J. e ORTÍ, A. Evaluación de tecnologías. IN: Sanmartín, J et al (eds) **Estudios sobre sociedad y tecnología**. Barcelona, Anthropos, 1992.

SCHOT, J. W. and RIP, A. The past and future of Constructive Technology Assessment. Technology Forecasting and Social Change, Vol.54. 1997. 251-268.

SCHOT, J. W. Constructive Technology Assesement and Technology Dinamics: The Case of Clean Technologies. Science, Technology & Human Values, 1992.17/1:36-56.

SOLBES, J. y VILCHES, A. Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. **Enseñanza de las Ciencias**, 22(3), 337–348, 2004. Disponible em: <<http://www.bib.uab.es/pub/ensenanzadelasciencias/02124521V22N3P337.pdf>> Acesso em: 02/04/2006.

VALDÉS, P.; VALDÉS, R; GUIASOLA, J; SANTOS, T. Implicaciones de las relaciones ciencia-tecnología en la educación científica. **Revista Iberoamericana de Educación**. Madrid – ES: Organização dos Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). n.28, pp.101-128, 2002.

VACCAREZZA, L. S. Ciência, Tecnologia y Sociedad: el estado de la cuestión em América Latina. **Revista Iberoamericana de Educación. Ciência, Tecnologia y Sociedad Ante la Educación.** Madrid. Espanha: OEI, n.18, septiembre – diciembre, 1998. p.13-40.

TODT, J. O. **Innovación y regulación:** la influencia de los actores sociales en el cambio tecnológico: el caso de la ingeniería genética agrícola. Tesis Doctoral. Universitat de Valencia. Estudi General, Facultat de Filosofia i CC. De la Educación. Departament de Lògica i Filosofia de La Ciencia. València, 2002, 293 p.

ENGINEERING EDUCATION AND THE LEARNING OF THE TECHNOLOGICAL IMPACT EVALUATION

***Abstract:** This work is based on the analysis of National Curricular Guidelines (NCG) for Engineering graduation and on the bibliographical research aiming to think over the importance of technological impact evaluation for the engineer formation. It assumes that many social-environmental implications come from the “profile” of the products, processes and services developed by engineers. From this context, comes the question about the basis on what the new professionals are formed to develop new technologies. Results show a starting attention to the technology teaching; and point out the necessity for implementation of technologies to overcome the subject fragmentation and solve conflicts and limits arisen on innovation projects development. Technological Impact Evaluation was suggested as an educational possibility that, altogether with CTS approach, can provide critical learning of the technology besides a pedagogical renovation.*

***Key words:** Engineering Teaching; National Curricular Guidelines; Technological Impact Evaluation; Science, Technology and Society Focus (STS).*