



AVALIAÇÃO DE IMPACTO TECNOLÓGICO: ALTERNATIVAS E DESAFIOS PARA A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Marcia R Carletto – marciahcarletto@uol.com.br

UTFPR Campus Ponta Grossa
Av. Monteiro Lobato Km04 s/n
84016-210 – Ponta Grossa - PR

Resumo: *Este trabalho objetiva apresentar alternativas e princípios educativos para estimular a aprendizagem da avaliação de impacto tecnológico (AIT) na educação em engenharia e na formação inicial e continuada do professor-engenheiro, para tanto apresenta-se uma concepção de AIT como um exercício acadêmico, baseado na problematização do fazer tecnológico, cujo fim é abrir espaço para a reflexão acerca das possíveis implicações que as atividades da engenharia podem desencadear, de modo a despender ações para preveni-las. Propõe-se a prática de AIT articulada com o enfoque em Ciência, Tecnologia Sociedade (CTS) subsidiada pelos três momentos pedagógicos. Argumenta-se que esse nível de intervenção na formação de engenheiros e de seus professores poderá contribuir para um movimento favorável à construção de uma educação científica e tecnológica mais crítica.*

Palavras-chave: *Avaliação de impacto tecnológico, Educação em engenharia, Estudos CTS, Problematização ambiental.*

1 INTRODUÇÃO

A 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 está contemplada nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN's) para a Educação Profissional e Tecnológica e para a Graduação em Engenharia, Brasil (2002, p.1), que em seu Art. 4º item XI, recomenda a compreensão e a avaliação dos impactos econômicos e ambientais resultantes da produção, gestão e incorporação de novas tecnologias.

Apesar disso, as pesquisas e publicações em periódicos e anais de eventos científicos apontam lacunas nessa área. Assim, este trabalho toma como base de argumentação os resultados apresentados em uma tese de doutoramento (CARLETTO, 2009) para indicar que o processo ensino-aprendizagem leva o aluno a resolver problemas, a ser criativo e inovar, mas não a avaliar previamente seu protótipo tecnológico em relação a suas possíveis implicações.



Se por um lado, os dados empíricos levantados pela autora apontam para o desconhecimento dos professores a respeito do Art. 4º item XI das DCN's. Por outro lado considera-se que a ausência desse foco de análise tira dos alunos a responsabilidade com um desenho menos impactante de seu produto, já que normalmente, a preocupação está com a viabilidade econômica do projeto e a aceitação do mercado.

Segundo os depoimentos, o espaço de aprendizagem é tomado por questões técnicas embasadas no rigor científico, bastante valorizadas pelos docentes. As possibilidades de integração do conhecimento, em grande parte, são substituídas pelo individualismo dos conteúdos disciplinares; os alunos enaltecem o elevado nível de *know how* técnico recebido, mas reclamam da postura metodológica assumida por muitos professores, em que o professor é o depositário do conhecimento e o aluno é o ouvinte passivo.

Em função desse quadro, pretende-se apresentar alternativas e princípios educativos para estimular a aprendizagem da avaliação de impacto tecnológico (AIT) na educação em engenharia e na formação inicial e continuada do professor-engenheiro.

Para essa perspectiva, conta-se, também, com recomendações do Programa Inova Engenharia – Propostas para a Modernização da Educação em Engenharia - INSTITUTO EUVALDO LODI (2006) como:

- 1. Aprendizagem centrada na produção do conhecimento, aluno como elemento ativo e interativo, ou seja, sujeito do processo ensino / aprendizagem e o professor o fornecedor de estímulos e facilidades para a aprendizagem e a pesquisa dos alunos;*
- 2. Desenvolvimento de inovações metodológicas que possibilitem um melhor aprendizado das ciências básicas e informática, buscando a utilização da teoria na solução de problemas reais;*
- 3. Ênfase na aprendizagem hands-on, promovendo ao longo de todo o curso projetos que incentivem os alunos de graduação a aplicar conhecimentos teóricos na solução de problemas reais, produzindo inovações;*
- 4. Exercício da prática de definir problemas, projetar soluções e tomar decisões;*
- 5. Implantação de laboratórios de integração curricular que favoreçam atividades para inter-relação e aplicação dos diversos conteúdos, contextualizando-os com a realidade dos problemas locais atuais e de forma transdisciplinar; entre outras.*

Na sequência apresenta-se sucintamente o conceito de AIT e a possibilidade metodológica de sua aplicação.

2 AVALIAÇÃO DE IMPACTO TECNOLÓGICO (AIT)

A AIT, aqui proposta, é um conceito pedagógico e metodológico que resulta da aproximação de vertentes relacionadas a modelos de regulação de tecnologias, como os fundamentos significativos selecionados da Avaliação de Tecnologias - AT -



(SANMARTÍN; HRONSZKY, 1994; entre outros); da Avaliação Construtiva de Tecnologias – (GONZÁLEZ GARCÍA; LÓPEZ CEREZO; LUJÁN, 1996); além de concepções relacionadas a modelos alternativos de regulação de tecnologias, que serão utilizadas na organização do conhecimento, como: Engenharia Verde – (ANASTAS; ZIMMERMAN, 2003); Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis – (MANZINI; VEZZOLI, 2005) e, Princípios para o Design Sustentável (BRUNETTI, 2005).

Também pode ser qualificada como uma atividade de aprendizagem de avaliação prévia, antecipada, de uma dada tecnologia para identificação de causas e efeitos, que poderão impactar não apenas o ambiente, mas também a sociedade. Essa atividade deve ocorrer durante o planejamento de projetos de inovação, fase anterior à produção, gestão e incorporação de tecnologias.

É de natureza eminentemente interdisciplinar e requer, além da integração de conhecimentos, a reflexão crítica, como caminho viável para o aprofundamento de conceitos, discussões sobre riscos, valores e interesses implicados.

Carrega em seu bojo padrões e fundamentos teórico-metodológicos que podem favorecer as dinâmicas que envolvem a aprendizagem focada no processo de inovação e no desenvolvimento de produtos, processos ou serviços sustentáveis.

2.1 Proposta metodologia

A aplicação metodológica de AIT se constitui de uma atividade interdisciplinar que poderá ser desenvolvida a partir de uma única disciplina ou pela integração de diferentes disciplinas de uma fase do curso, como no caso de um projeto integrador, em que o protótipo tecnológico do aluno se constitui no eixo integrador do projeto. Qualquer que seja a opção, sugere-se a aplicação dos três momentos pedagógicos propostos por Delizoicov et al (2002), que se referem a três etapas específicas para desenvolvimento de uma dada atividade, a saber: - Problematização inicial; Organização do conhecimento; e, Aplicação do conhecimento.

Em relação ao primeiro momento, o professor terá a função específica de problematizar questões-chave relacionadas ao tema, chamar a atenção e contrapor distintas interpretações dos alunos, aguçar possíveis explicações contraditórias, procurar as limitações das explicações.

Tendo o desenvolvimento de um projeto tecnológico como foco, na problematização inicial será possível levantar/elencar os principais/possíveis impactos decorrentes do desenvolvimento do produto, processo e/ou serviço. Para tanto, sugere-se o desenvolvimento de um guia ou *check-list*, que considere as entradas e saídas de insumos, possibilidades de reciclagem de diferentes materiais, gastos energéticos, potenciais de reaproveitamento, utilização de produtos tóxicos, entre outros.

Durante a organização do conhecimento - os conhecimentos científicos inicialmente identificados e planejados serão sistematicamente estudados, sob a orientação do professor, para que o aluno possa compreender os conceitos, definições e relações que o conhecimento científico comporta, para ir além.

Nessa fase recorre-se ao conhecimento científico em busca de possíveis soluções, bem como pode-se utilizar de ferramentas para avaliação desses impactos como análise



multicritério, avaliação de ciclo de vida, entre outras. Em seguida, a aplicação do conhecimento vem subsidiar possíveis soluções e a tomada de decisões responsáveis.

Subjacente à aplicação dos três momentos pedagógicos aparecem os estudos CTS (BAZZO et al, 2008) que facilitam a avaliação interna e externa de um projeto tecnológico (OLIVÊ, 2003), de modo que as questões éticas e sociais também podem ser levadas em conta, oportunizando o desenvolvimento de percepções críticas.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração da variável ambiental na formulação de projetos tecnológicos é uma necessidade que não pode mais ser desconsiderada. Todavia a predominância de percepções ingênuas sobre as interações CTS, ambiente e inovação entre professores e alunos, vem servindo de impedimentos para a construção de visões mais adequadas às necessidades contemporâneas.

Daí que a proposta de inclusão da AIT no processo de aprendizagem de desenvolvimento de produtos, associada aos conteúdos CTS e aos três momentos pedagógicos se configura, no contexto desta proposta, em uma inovação pedagógica, capaz de contribuir significativamente para a formação de futuros engenheiros e de seus professores, e como alternativa de implementação de recomendações contidas nas DCN's e na proposta Inova Engenharia.

A experiência da aplicação dessa metodologia por meio de um projeto integrador demonstrou que, além de contribuir para o desenvolvimento de visões críticas de alunos e professores, a tomada de decisões ambientalmente responsáveis foi favorecida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANASTAS, P. T.; ZIMMERMAN, J. B. **Design through the 12 principles green engineering.** *Environmental Science of Technology*; vol. 37(5) p. 94A – 101A.[Online], mar, 2003. Disponível em:<http://pubs3.acs.org/acs/journals/supporting_information.page?in_codem=esthag&in_volume=37&in_start_page=94A>. Acesso em: 25 set. 2005.

BAZZO, W. A.; LINSINGEN, I.; PEREIRA, L. T. V. **Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia.** 2 ed. Florianópolis: UFSC, 2008.

BRASIL, Resolução CNE/CES 11 de março de 2002. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Engenharia. “Diário Oficial da República Federativa do Brasil”, Brasília, DF, Seção 1, p. 32. 2002.

BRUNETTI, M. E. **Sobre a construção de uma ferramenta educacional para a formação profissional do designer a partir de uma seleção de princípios para o design sustentável:** Um experimento no curso de desenho industrial da PUC-PR. 2005, 260f. Tese (Doutorado em Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2005.

CARLETTO, M. R. **“Avaliação de impacto tecnológico: alternativas e desafios para a educação crítica em engenharia”.** Tese (Doutorado em Educação Científica e



Tecnológica) - Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

DELIZOICOV, D. et al. **Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial flekiano**. Caderno Brasileiro do Ensino de Física. V. 19, nº especial, jun P.52-69, 2002.

GONZÁLEZ GARCÍA, M. I.; LÓPEZ CERREZO, J. A.; LUJÁN, J. L. (Eds.). **Ciencia, tecnología y sociedad**: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Madrid: 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.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. “**O desenvolvimento de produtos sustentáveis**”. São Paulo: EDUSP, 2005.

OLIVÉ, L. Ética aplicada a las ciencias naturales y la tecnología. In: OLIVÉ, L.; IBARRA, A. (Eds.). **Cuestiones éticas en ciencia y tecnología en el siglo XXI**. Educación, ciencia y cultura. Madrid - España: Biblioteca Nueva, OEI, 2003. p. 181-223.

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

TECHNOLOGICAL IMPACT ASSESSMENT: CHALLENGES AND ALTERNATIVES FOR EDUCATION IN ENGINEERING

Abstract: *This work presents alternatives and education principles in engineering and at initial and continued formation of the engineer-teacher, it was elaborated an TIA conception that is qualified as an academic exercise, based on the technological making theme. Its purpose is open space to reflections about possible implications that engineering activities can result, in order avoid them. As alternative to get over these gaps is proposed the TIA practice linked to the Science, Technology and Society (STS) focus and at three pedagogical moments. It is believed that this level of intervention at engineers formation and their professors can contribute to eliminate these contradictions toward to the construction of a more critical scientific and technological education.*

Key-words: *Technological impact assessment; Engineering education; STS studies; Environmental problematization.*