

Ensino de engenharia e inovação tecnológica: como estimular a capacidade de inovar?

RESUMO

Inovação tecnológica é um tema que ocupa lugar de destaque no mundo atual. Entretanto, é pouco debatido entre estudantes de engenharia. Um estudo foi realizado por meio de pesquisa bibliográfica no portal de periódicos da Capes, cujos artigos foram selecionados combinando-se os seguintes termos de busca em inglês e português “entrepreneurship (empreendedorismo)”, “innovation (inovação)”, “education (educação)”; “engineering (engenharia)” visando recuperar artigos com resultados de pesquisas nacionais e internacionais. O presente estudo teve como objetivo abordar a inovação tecnológica sob a ótica educacional e responder a seguinte questão: como estimular a capacidade de inovar no ensino de engenharia? Os resultados indicam que a solução não é simples, tanto para romper com a metodologia tradicional como criar estratégias de ensino que aproximem a sala de aula da realidade do mundo dos negócios. Foram excluídos artigos que tratavam do uso de tecnologias como ferramentas inovadoras no processo de ensino e aprendizagem, bem como de discussões sobre inovações em produtos e serviços, sem relação com o ensino de engenharia. O artigo aponta algumas estratégias: o conhecimento da realidade das empresas inovadoras pelo mundo acadêmico, estímulo ao trabalho em equipes multidisciplinares, valorização profissional com ênfase no futuro e visão crítica e ampliada da dinâmica social. Nesse sentido, o campo de estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) pode oferecer importantes contribuições, pois fornece elementos para uma reflexão analítica do processo de inovação tecnológica, com um olhar para questões de melhoria da qualidade de vida das pessoas, sem se apegar unicamente ao aspecto de redução dos custos de produção.

PALAVRAS-CHAVE: Inovação tecnológica. Ensino de engenharia. Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Vágner Ricardo de Araújo Pereira
vagnerap2@gmail.com
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Catanduva, São Paulo, Brasil.

Carlos Roberto Massao Hayashi
massao@ufscar.br
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – São Carlos, São Paulo, Brasil.

Roberto Ferrari Junior
ferrari@dc.ufscar.br
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – São Carlos, São Paulo, Brasil.

INTRODUÇÃO

A inovação tecnológica, de acordo com Ferrari (2010), está relacionada com o desenvolvimento de novas tecnologias com o potencial de criar oportunidades de negócios. As inovações podem ser introduzidas nos produtos, processos ou modelos de negócios, tanto pelos empresários quanto por seus colaboradores. Um olhar além dos aspectos comerciais vê a inovação tecnológica como uma busca pela melhora da qualidade de vida das pessoas, que sonham e lutam por um futuro melhor (FERRARI, 2010, p.38).

Nessa perspectiva, a inovação pode ser abordada sob diversos pontos de vista, uma vez que incorpora questões sob vários enfoques, políticos, sociais, econômicos, educacionais, éticos e ambientais. Sendo assim, a inovação tecnológica é um tema que ocupa lugar de destaque no mundo atual, cuja competitividade que outrora ocorria apenas em nível local ou regional, agora ocorre mundialmente.

Entretanto, o desenvolvimento tecnológico e a inovação são assuntos pouco debatidos entre estudantes de engenharia. Esse debate precisa ser estimulado no ambiente acadêmico, pois a inovação é um elemento importante para a transformação de conhecimento em riqueza, principalmente em países com acentuada desigualdade social. A interação entre instituições de ensino e pesquisa, empresas e governo é salutar para a solução desse problema complexo.

Uma importante pesquisa realizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) sobre inovação tecnológica, denominada PINTEC (Pesquisa de Inovação Tecnológica), destacou que 35% das empresas implementaram produtos ou processos novos (BRASIL, 2011). O resultado indica uma queda de 3% em relação à pesquisa anterior. Considerando que a inovação tecnológica é uma importante estratégia para o desenvolvimento da nação, essa queda é preocupante, pois gera expectativas em relação aos investimentos no setor.

As empresas pesquisadas destacaram alguns problemas que merecem atenção especial, ou seja, a falta de pessoal qualificado para inovar, os elevados custos da inovação e os riscos econômicos excessivos (BRASIL, 2011). Nesse sentido, este artigo busca mapear estratégias para estimular a inovação tecnológica no ensino de engenharia, apontando aquelas mais relevantes para motivar os estudantes, visando sua qualificação profissional.

A Pintec 2011 apresenta informações de que o modelo de inovação das empresas no Brasil baseia-se, principalmente, no acesso ao conhecimento tecnológico por meio da compra de máquinas e equipamentos, uma atividade considerada de elevada importância pelas empresas inovadoras, seguida de atividades como treinamento e compra de software.

Pesquisa realizada pelo Global Entrepreneurship Monitor (GEM, 2012), obteve informações que permitem a caracterização dos empreendimentos em relação à inovação de produtos ou serviços, ou seja, a livre concorrência, orientação internacional, expectativa de criação de ocupações e idade da tecnologia ou processos.

A mesma pesquisa indica que, para os empreendimentos novos, os resultados são muito conservadores. A grande maioria dos negócios, cerca de 99%, lida com conhecimentos que ninguém considera novo e a orientação para o comércio

internacional é baixíssima no Brasil (GEM, 2012). Todos os entrevistados afirmaram que a idade da tecnologia utilizada nas empresas é superior a cinco anos. Para os empreendedores estabelecidos há mais tempo, a situação é ainda menos favorável.

Diante das profundas transformações vivenciadas nas últimas décadas, instala-se na sociedade um ambiente de forte competição, como afirmam Henrique e Cunha (2008), na qual as organizações são obrigadas a desenvolver uma capacidade de inovação, aliada a busca pelo autoemprego e o fortalecimento de pequenas e médias empresas, que são responsáveis por uma grande parcela das vagas de emprego. Para esses autores, a inserção das instituições de ensino superior deveria ser, principalmente, a de promover um ensino empreendedor em seus currículos, com uma abordagem mais adequada, proporcionando a formação de pessoal especializado não somente em gerenciar corporações, mas também aptos para abrir seu próprio negócio ou buscar inovações nas empresas onde trabalham. Para isso, os métodos de ensino deveriam incitar maior criatividade.

Os currículos dos cursos de engenharia nem sempre atendem à demanda por profissionais qualificados. Assim, é necessário complementar o conhecimento dos estudantes, fortemente direcionados às disciplinas teóricas, com conteúdos mais práticos, que não são abrangidos no currículo atual (BALADRÓN et al., 2013). No mundo atual, atender a demanda da indústria não deve ser o único aspecto a ser considerado, mas uma análise reflexiva sobre a inserção da tecnologia na sociedade, com visão de futuro também deve ser contemplada.

Para Sousa e Gomes (2010), a união entre racionalidade e capitalismo influencia as relações entre o trabalho do engenheiro e a sociedade sendo que a alteração desse quadro depende de uma ação muito forte, “mudanças na esfera dos valores se fazem necessárias, e isso pode ocorrer na formação do profissional da tecnologia” (SOUSA; GOMES, 2010, p.90).

Assim, as exigências atuais levam a uma reflexão sobre os métodos tradicionais no ensino de engenharia. Elas indicam que o foco principal não deve ser o conteúdo específico, apesar de sua relevância, mas o desenvolvimento de habilidades e competências dos futuros profissionais. Os cursos devem ser concebidos com uma visão mais abrangente do desenvolvimento da tecnologia, buscando uma melhor compreensão da engenharia como projeto social, preparando profissionais para uma prática mais ampla. Se faz necessário um profissional que detenha uma série de recursos, não apenas tecnológicos, mas voltados a encontrar soluções para os problemas sociais, humanos, ambientais, éticos, além dos aspectos econômicos, a partir de uma perspectiva global (GUIMARÃES, 2004; KINDELÁN; MARTÍN, 2008).

Esse novo caminho que a engenharia está seguindo, assim como o ensino, traduz uma série de ações que devem fazer parte do novo currículo escolar, promovendo a aquisição de competências que envolvam valores, atitudes e maior interação com situações e atores que operam ativamente na construção da prática profissional (GUIMARÃES, 2004; KINDELÁN; MARTÍN, 2008).

O resultado da sociedade altamente tecnológica faz com que o engenheiro seja um integrador de soluções, em vez de fornecer solução única, mesmo em áreas em que não é especialista. O relacionamento com pessoas passa a ser tão importante quanto com a tecnologia, pois o engenheiro não tem mais o completo

domínio sobre a solução do problema, mas ainda é conhecedor da linguagem “que permite integrar diversos saberes” (SOUSA E GOMES, 2010, p.89).

As funções do engenheiro hoje são mais diversificadas do que no passado. As competências úteis são múltiplas, não sendo possível ensiná-las em sua totalidade. É necessário fazer uma escolha e tornar os estudantes coautores de sua própria formação. Gradativamente, o estudante passivo desaparece. Os professores precisam ajustar o seu papel em relação aos projetos dos estudantes, incentivando suas capacidades empreendedoras (MUSTAR, 2009).

Assim, o desenvolvimento da ciência e da tecnologia impõe profundas transformações às atividades escolares. Em uma sociedade cada vez mais informatizada e interconectada, o ensino requer atividades com maior nível de autonomia, flexibilidade e autorregulação, cujas características devem estar presentes nas metas educacionais, para preparar os futuros profissionais a enfrentarem as implicações sociais e éticas que o impacto tecnológico envolve, capacitando-os para decisões fundamentadas e responsáveis (CABOT, 2012).

Bazzo (2010) afirma que o ensino de engenharia ainda não proporciona condições para que os estudantes adquiram as habilidades e competências necessárias à formação de um profissional que atenda aos anseios da sociedade. Os conhecimentos sistematizados na área tecnológica estão estruturados para um ensino “dissociado do mundo real, centrado no trabalho individual, cujo ambiente de sala de aula desencoraja a participação ativa dos estudantes” (BAZZO, 2010, p.28).

O crescimento econômico sustentável é uma consequência do nível de empreendedorismo de uma comunidade. Conforme argumenta Dolabela (2008, p.24), o ambiente favorável ao desenvolvimento necessita de empreendedores que através de lideranças, habilidades e perfil, estimulem e coordenem o processo de desenvolvimento, “cujas raízes estão, sobretudo, em valores culturais e na forma de ver o mundo”.

Ferrari (2010) afirma que, quanto maior for o grau de inovação, maior será o potencial para gerar produtos, negócios, empregos e riquezas. Para o autor, “Inovações um pouco mais significativas resultam em novos produtos e apresentam impacto mercadológico potencialmente mais significativo”. (FERRARI, 2010, p.28)

Velho (2007) argumenta que o sistema de ensino superior é de suma importância no processo de inovação tecnológica, podendo ocorrer de várias maneiras. As instituições produzem resultados de pesquisa que podem ser apropriados pelas empresas no processo de inovação, assim como as empresas podem utilizar metodologias desenvolvidas pelas universidades para planejar e testar sistemas tecnológicos. Na visão da autora, os profissionais e pesquisadores devem possuir habilidades para obter e usar conhecimentos de maneira inovadora, além de participarem de redes acadêmicas em nível nacional e internacional. Quando se envolvem em atividades fora do meio acadêmico, eles “tendem a imprimir nesses contextos atitudes que favorecem as atividades inovadoras” (VELHO, 2007, p.23).

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo abordar a inovação tecnológica sob a ótica educacional e buscar respostas na literatura científica para a seguinte questão: como estimular a capacidade de inovar no ensino de

engenharia? O tópico a seguir apresenta a caracterização da pesquisa e os procedimentos metodológicos adotados.

METODOLOGIA

Do ponto de vista metodológico a pesquisa pode ser caracterizada como bibliográfica ou de estado da arte (FERREIRA, 2002), pois buscou mapear o que foi produzido sobre o assunto pela literatura científica nacional e internacional.

A fonte de dados foi o Portal de Periódicos da Capes devido a sua abrangência e representatividade, ao reunir mais de 38 títulos de periódicos com textos completos e cerca de 120 bases de dados referenciais da literatura científica mundial. A coleta de dados ocorreu em 2013 sem delimitação de intervalo temporal, com o intuito de recuperar a produção científica existente até essa data. Para seleção dos artigos foram combinados os seguintes termos de busca em inglês e português “entrepreneurship (empreendedorismo)”, “innovation (inovação)”, “education (educação)”; “engineering (engenharia)” visando recuperar artigos com resultados de pesquisas nacionais e internacionais.

Foram excluídos os artigos cujos temas tratavam do uso de tecnologias como ferramentas inovadoras no processo de ensino e aprendizagem, tais como equipamentos de multimídia, vídeos e demais artefatos correlatos. Também foram descartados os artigos que tratavam das inovações tecnológicas em produtos, processos ou modelos de negócios, sem discutir como as inovações podem ser estimuladas no ambiente acadêmico, ou ainda, artigos com foco em questões ambientais e de sustentabilidade.

As duas próximas seções apresentam os resultados da pesquisa realizada. A primeira delas apresenta um conjunto de autores que discutem algumas concepções, muito presentes no ensino de engenharia – e que sofrem forte crítica do campo CTS – como o determinismo tecnológico, no qual o desenvolvimento científico garante a melhoria da sociedade, de forma linear, por meio de suas aplicações tecnológicas, e o foco direcionado aos aspectos econômicos. Na segunda seção os artigos dos autores analisados fornecem elementos didáticos para superar tais concepções, e estimular a criatividade, a reflexividade e a participação ativa dos estudantes, competências essenciais à inovação tecnológica.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: ROMPENDO COM A VISÃO LINEAR

A partir da década de 1980, de acordo com Moreira e Velho (2008), ocorreu uma mudança da visão linear do desenvolvimento científico e tecnológico, cujo desenvolvimento da ciência básica formaria a base da ciência aplicada, a tecnologia, que, naturalmente, levaria a melhora das condições sociais e econômicas dos países. Uma nova visão emerge, preocupada com os efeitos da ciência e da tecnologia na sociedade. Problemas relativos aos impactos ambientais, sociais, econômicos e políticos passaram a “fazer parte da formação de recursos humanos para pesquisa na sociedade atual”, propondo “[...] um tipo mais harmonioso de desenvolvimento” (MOREIRA; VELHO, 2008, p.634).

Entretanto, essa concepção linear ainda está presente nas instituições de ensino e pesquisa no Brasil, principalmente através da forma como o financiamento é liberado, o que contribui para reforçar a dicotomia entre ciência básica e ciência aplicada (MOREIRA; VELHO, 2008, p.635).

De acordo com Benedetti e Torkomian (2010), a cooperação entre universidade e empresa, em relação à inovação tecnológica, ainda são atividades que precisam ser estimuladas e intensificadas em países como o Brasil, pois atualmente o principal fator de aproximação da empresa com a universidade limita-se ao acesso às competências que a empresa não possui e têm alto custo no mercado. Segundo os autores, é necessário que trabalhos de pesquisa com interesses mútuos sejam desenvolvidos, acelerando o processo inovativo.

Rosenberg (2006, p.18) critica a ideia de maximização do lucro no capitalismo, associada à inovação tecnológica, quando afirma que ignorar o processo de aprimoramento da qualidade de novos produtos equivale a ignorar algo que pode ser a maior contribuição do progresso técnico ao bem-estar humano.

Fontenelle (2012, p.100), também estabeleceu crítica diante da ideia da maximização do lucro, uma vez que a sociedade atual cultua o novo, pois os termos criatividade e inovação fazem parte do núcleo do processo produtivo e organizacional, trazendo “inquietações relacionadas à necessidade de inovar”. Essa autora considera que a inovação tecnológica substituiu a noção de trabalho pela de criação e, nesse contexto, a universidade apresenta-se como um local privilegiado à inovação. Além disso, a autora faz uma crítica sobre o sistema de controle do trabalho e a mercantilização do saber, cujo discurso da inovação tem “interpelado o universo acadêmico tão perversamente”, dificultando que a criação e a invenção possam ser pensadas e discutidas numa perspectiva “além do caráter puramente instrumental da ideia de progresso econômico”. (FONTENELLE, 2012, p.107)

Um projeto desenvolvido no Reino Unido, denominado Spice, propõe um quadro para a compreensão e apoio aos esforços destinados à inovação responsável, considerando que a governança de ciência e inovação emergente traz um grande desafio para as democracias contemporâneas. A inovação responsável começa com um modelo prospectivo, que funciona por meio de quatro dimensões: planejamento, reflexão, deliberação e explicitação da necessidade de conexão com culturas e práticas de governança. Reflexões sobre inovação responsável levam a novas discussões sobre as atribuições, papéis, divisão de trabalho, configuração e financiamento de programas transdisciplinares de ciência e de inovação. A forma com que o conceito de inovação responsável está sendo constituída deve ser aberta a ampla reflexão e deliberação (STILGOE; OWEN; MACNAGHTEN, 2013).

A inovação tecnológica responsável amplia a perspectiva de análise, considerando não somente aspectos econômicos, mas sociais, culturais, éticos e ambientais. Silveira, Pinheiro e Bazzo (2010), afirmam que o desenvolvimento científico e tecnológico responsável implica em um compromisso direto com a formação científica e tecnológica. Estimular estratégias de debate e negociação pode contribuir para a resolução de conflitos em uma sociedade democrática, diante das incertezas inerentes ao avanço da tecnologia.

Oliveira e Brito (2013) afirmam que para obter soluções aos problemas atuais é necessário aproveitar a motivação das pessoas e das comunidades. Essas

soluções ocorrem pela criação de novos sistemas altamente participativos, fundamentais para alcançar mudanças de comportamento. Tais autores apontam que as empresas e o setor público devem ter novos papéis para satisfazer a inovação impulsionada pelos consumidores, possibilitada pelas tecnologias de informação e comunicação. Além disso, uma base sólida de conhecimento refletiu-se na vida econômica de uma sociedade, estimulando a inovação e o seu crescimento de forma sustentável.

Menzies (2012), analisando atributos de empreendedores e de cientistas, destaca algumas habilidades como: reconciliar diferenças entre competências de empreendedores e de cientistas, de comunicação dentro e entre os domínios da ciência e do empreendedorismo, liderança e formação de equipes e capacidade de perceber as oportunidades de comercialização da pesquisa. Com relação às características do empreendedor e cientista ressalta os atributos do pensamento criativo, busca e construção do conhecimento, utilização de ideias como ferramenta na resolução de problemas, gerenciamento de risco, conectividade na construção e uso de capital social e perseverança. A transposição dessas características gerais aos engenheiros avança no sentido da transdisciplinaridade e para a análise e solução de problemas mais complexos que se apresentam atualmente.

É POSSÍVEL ESTIMULAR A CAPACIDADE DE INOVAR?

Silva, Henriques e Carvalho (2009, p.69), afirmam que estudantes de engenharia podem aprender a inovar, só que para isso, os professores precisam “libertar seus espíritos e leva-los a voar de um jeito controlado”. De acordo com os autores, pelo menos uma vez durante a graduação, é preciso deixar que os estudantes pensem na “floresta, sem se importarem com as árvores”. Para isso, é preciso estimular a abstração, comparando a realidade com o mundo da ficção, algo muitas vezes negligenciado pela cultura tradicional.

As ideias inovadoras veem de grandes configurações e não a partir de projetos detalhados. Embora haja a necessidade de se concentrar em problemas bem delimitados, equilibrar o conhecimento com a necessidade de ser criativo e inovador, associado aos negócios, pode gerar engenheiros melhor preparados. A melhor maneira de lidar com o desenvolvimento de um produto é imaginar vários caminhos possíveis. Isto envolve uma mudança brusca na atitude e mentalidade de professores e estudantes (SILVA; HENRIQUES; CARVALHO, 2009, p.71).

Goldberg e Pearlman (2013) estabeleceram algumas recomendações para professores de cursos sobre o desenvolvimento de produtos com tecnologia inovadora. Dentre elas estão o trabalho em equipes multidisciplinares, transparência e facilitação da comunicação entre as pessoas ou equipes e a incorporação de estratégias de ensino visando o desenvolvimento de produtos de alta qualidade. Nesse sentido, Keogh e Galloway (2004) afirmam que habilidades em negócios, particularmente nas áreas de ciência, engenharia e tecnologia, estão se tornando cada vez mais importantes, principalmente para as pequenas empresas.

Na Universidade de Stanford, o sistema de aprendizagem está baseado principalmente em um corpo docente orientado para atividades altamente empreendedoras, em que equipes iniciantes têm suporte de equipes experientes,

por meio de um programa denominado learn by assisting. Os estudos de casos com sucessos internacionais devem ser abordados de forma crítica para discernir a verdadeira relevância em relação aos estágios de desenvolvimento empresarial e de alta tecnologia (ETZKOVITZ, 2013, p.623).

Para reunir informações sobre as crenças dos professores e suas práticas de ensino na educação empreendedora, Zappe et al. (2013) elaboraram um questionário que foi aplicado em três instituições de ensino de engenharia dos Estados Unidos. Os resultados indicam que a maioria do corpo docente acredita que a atitude empreendedora depende de características inatas dos estudantes, mas algumas habilidades podem ser desenvolvidas, como a tolerância ao risco e a iniciativa, principalmente com o uso de uma metodologia vivencial, estimulando o estudante a sair dos limites da sala de aula para entender o funcionamento do mercado e, assim, desenvolver processos de trabalho semelhantes aos dos empreendedores (HENRIQUE; CUNHA, 2008, p.126; ARMOND; NASSIF, 2009).

Para estimular a criatividade e a capacidade inovadora o estudante deve sentir-se livre, em um ambiente que contenha imagens e textos sobre conceitos inovadores, solucionar problemas, compartilhar e assimilar a essência da atividade fazendo uso de pesquisas on-line. Outro ponto importante é a gestão do processo de desenvolvimento, pois facilmente o estudante pode sentir-se disperso com a quantidade de informações e a complexidade das possíveis conexões, a ponto de não saber o momento de parar uma pesquisa. É preciso deixar a mente aberta para novas informações, sem comprometer a conclusão do projeto, além de elaborar um plano de ação para a equipe, com a delimitação de pontos importantes e cronograma, propondo uma reflexão sobre os resultados ao longo do processo de inovação (SILVA; HENRIQUES; CARVALHO, 2009, p.71; CHANG, 2013, p.804).

O ensino voltado ao empreendedorismo e à inovação tecnológica exige o desenvolvimento de habilidades como raciocínio criativo, compreensão do mundo dos negócios, comunicação e liderança. Tais habilidades não são desenvolvidas em sistemas tradicionais de ensino, com ênfase em discussões teóricas e transmissão de conhecimento com foco no professor. Em vez disso, exige situações de aprendizagem mais dinâmicas, com foco no estudante, utilizando-se recursos como análise de estudos de caso, visita a empresas, elaboração de projetos e planos de negócio, grupos de trabalho, simulações, abertura de empresas fictícias, empresas júniores, apoio de incubadoras com base tecnológica etc. Esta aproximação com as condições reais de mercado propiciam a identificação e vivência das incertezas inerentes ao avanço tecnológico (HENRIQUE E CUNHA, 2008, p.133).

Metáforas e analogias podem ser utilizadas para produzir ideias inovadoras. Muitos estudantes podem encontrar soluções refinando e ajustando ideias de colegas, mesmo com pouca discussão ou interação. A análise da viabilidade de produtos tecnológicos criados a partir de atividades on-line e interação multimídia são fatores importantes no desenvolvimento de habilidades práticas e de confiança nos processos criativos entre estudantes (CHANG, 2013).

Baladrón et al. (2013) destacam dois problemas entre os currículos universitários de cursos de engenharia e os perfis exigidos pelas empresas: a ausência de determinados assuntos e a falta de conhecimento sobre inovações tecnológicas implantadas. Os autores analisam o programa PAVes (Professores Associados Vinculados a Empresas) da universidade de Valladolid, Espanha,

proposto como forma de melhorar o ensino de engenharia. Os resultados obtidos indicam que os estudantes e as empresas participantes avaliam positivamente a experiência, que consiste em oferecer uma série de cursos de atualização, ministrados por professores que trabalham para empresas externas, com programas baseados em temas inovadores, que fazem parte do cotidiano da indústria, mas ainda não estão formalizados como uma questão acadêmica.

Floriani, Beuren e Hein (2010), analisando a inovação tecnológica em empresas de construção e multisetoriais, identificaram que o contato com clientes, o incentivo aos funcionários para realização de estudos, publicações, participações em eventos, fóruns e encontros; a criação de centros de desenvolvimento de novos produtos, centros de pesquisa e desenvolvimento; realização de protótipos e testes; além do incentivo à participação em programas fomentadores de ideias são fontes de incentivo às inovações. Os aspectos mais frágeis detectados foram as parcerias das empresas com as universidades ou centros de pesquisa.

Etzkovitz et al. (2008) argumentam que há uma tendência global tomando forma para universidades empreendedoras, estabelecendo um papel central em uma economia baseada no conhecimento, que vai além do poder do Estado e das relações de mercado para uma posição intermediária dentro de um regime que envolve negociações entre governo, empresas e universidade. Essas negociações podem ocorrer além desses três polos, de forma multidimensional.

Mustar (2009) propõe uma especialização em inovação e empreendedorismo em uma escola de engenharia francesa, que aborda quatro preocupações principais: Como desenvolver uma especialização em gestão de tecnologia e de empreendedorismo, em um país tradicionalmente resistente à noção de empreendedorismo? Como combinar a aquisição de conhecimentos com o desenvolvimento de competências? Como desenvolver habilidades empreendedoras e a capacidade dos estudantes assumirem responsabilidades? E como incentivar a imaginação, a criatividade, o envolvimento e a análise dos riscos em tais atividades? Ao tratar essas questões, desenvolveu um método de aprendizagem combinando palestras, estudos de start-ups e incubadoras, entrevistas com empresários e profissionais da área, planos de negócios, trabalho em equipe na criação de novas ideias de negócios, trabalho em projetos e aprofundamento do campo empresarial.

Assim, o ensino tradicional dá lugar ao trabalho em equipe, discussões com profissionais e empresários e projetos com forte envolvimento dos estudantes, que devem aprender que inovar é arriscado. Isso muda o papel dos professores, pois já não são os únicos detentores da solução de problemas, mas aqueles que estimulam os estudantes nos projetos, que os apoiam e que os ensinam a executar seus projetos. A comparação entre projetos, debates e discussões críticas capacitam os estudantes a avaliarem suas próprias forças e fraquezas. (MUSTAR, 2009; CANKAR et al. 2013).

O Quadro 1 apresenta uma síntese das estratégias propostas ao ensino para a inovação tecnológica.

Quadro 1. Síntese das estratégias voltadas ao ensino para a inovação tecnológica.

Ensino para a inovação tecnológica		
1	Aproximação entre o mundo acadêmico e a realidade das empresas inovadoras	O conhecimento deve ser organizado de forma transdisciplinar, com aproximação entre o mundo acadêmico e a realidade das empresas inovadoras. Fortalecimento da cooperação com empresas, tanto em termos de recursos humanos como de tecnologia. Flexibilidade curricular considerando a rapidez do avanço tecnológico. Incorporação de uma educação empreendedora em disciplinas profissionalizantes. (KEOGH e GALLOWAY, 2004; HENRIQUE e CUNHA, 2008; ARMOND; NASSIF, 2009; MUSTAR, 2009; BALADRÓN et al. 2013)
2	Estímulo à inovação e ao empreendedorismo	Orientação visando a participação ativa do estudante, desenvolvendo competências empresariais por meio de projetos, estimulando a invenção em ambientes favoráveis, com exemplos de projetos criativos. Participação em projetos desafiadores, com possível premiação. (SILVA, HENRIQUES e CARVALHO, 2009; FLORIANI, BEUREN e HEIN, 2010)
3	Estímulo ao trabalho em equipe	Desenvolvimento de projetos em equipes multidisciplinares, com estímulo à formação de redes de relacionamentos. (MUSTAR, 2009; MENZIES, 2012; GOLDBERG e PEARLMAN, 2013)
4	Corpo docente experiente com foco na orientação de projetos	O professor atua como orientador, ajudando a estruturação e desenvolvimento de projetos, além de buscar parceria com empresas inovadoras. (MUSTAR, 2009; CANKAR et al., 2013; ZAPPE et al., 2013)
5	Valorização profissional com ênfase no futuro	Valorização da abstração e imaginação do estudante com foco no desenvolvimento de suas capacidades criativas, em um processo de contínua atualização e valorização profissional com ênfase no futuro. (CHANG, 2013)
6	Visão ampliada da dinâmica social	Criação de um ambiente que incentive a integração do estudante com a sociedade, em seus aspectos culturais, econômicos, políticos, éticos etc. Análise de experiências bem-sucedidas. (SILVA, HENRIQUES e CARVALHO, 2009; CANKAR et al., 2013; ETZKOVITZ, 2013)
7	Análise crítica da atuação profissional na sociedade	Estabelecimento de objetivos mais amplos visando a melhoria das condições de vida da população. Atenção aos aspectos ambientais, de desigualdades sociais, de mudança de hábitos de consumo, de saúde etc. Inovação responsável. (SILVA, HENRIQUES e CARVALHO, 2009; STILGOE; OWEN; MACNAGHTEN, 2013)

Fonte - elaborado pelos autores.

O novo modelo educacional deve incentivar múltiplos pontos de vista e limitar a compartimentação entre as disciplinas, pois os engenheiros devem estabelecer conexões, formar parcerias, organizar tarefas e redefinir seu interesse de inovação e modelo de negócio. Ele deve combinar o ensino científico e técnico com as ciências sociais.

O Quadro 2 apresenta uma síntese comparativa entre alguns aspectos do ensino tradicional e o ensino para a inovação tecnológica.

Quadro 2. Comparação: ensino tradicional e ensino para a inovação tecnológica.

Ensino tradicional	Estratégias de ensino para a inovação tecnológica
<p>Conhecimento acadêmico disciplinar, dissociado da realidade. Rigidez curricular e burocratizada.</p>	<p>Utilização de estratégias que estimulem situações dinâmicas para a aprendizagem, como a análise de estudos de caso, visitas a empresas, elaboração de projetos e planos de negócio, simulações, criação de empresas fictícias, empresas júniores, incubadoras etc. Planejamento de um <i>mix</i> de atividades educacionais incluindo entrevistas com empresários. Combinação do conhecimento técnico e científico com as ciências sociais. Cooperação empresa – universidade.</p>
<p>Posição passiva do estudante no processo de ensino.</p>	<p>Orientação do estudante para a gestão de projetos, tendo em vista a grande quantidade de informações obtidas, a complexidade de suas conexões e determinação do momento de parar uma pesquisa antes da definição de um novo conceito. Aproximação com o cliente, participação em eventos, criação de centros de desenvolvimento de novos produtos, realização de protótipos e testes. Participação em programas de fomento à inovação. Participação ativa do estudante.</p>
<p>Trabalhos desenvolvidos individualmente, na maioria das vezes.</p>	<p>Trabalhos desenvolvidos em equipes multidisciplinares em busca de um produto inovador e competitivo, transparência e facilidade de comunicação. Estímulo à confiança profissional e comprometimento. Aproximação com o mundo dos negócios. Estabelecimento de conexões e parcerias com distribuição organizada de tarefas. Confiança no projeto visando apoio, inclusive financeiro.</p>
<p>O professor é o centro do processo de ensino e detentor do saber. Predominância de aulas expositivas.</p>	<p>Utilização de práticas instrucionais com metodologia vivencial, entendendo o funcionamento do mercado, na qual a tolerância ao risco e a iniciativa são estimuladas.</p>
<p>Conhecimento transmitido do professor ao estudante, diante de uma suposta neutralidade. Ênfase no passado.</p>	<p>O conhecimento é construído por meio do desenvolvimento e execução de projetos, de resolução de problemas e de interações tanto com o corpo docente como demais atores envolvidos no programa, inclusive com os colegas. Utilização de metáforas e analogias na busca por ideias inovadoras. Análise da viabilidade da produção, com ênfase no futuro.</p>
<p>Ambiente que visa a reprodução do conhecimento.</p>	<p>Desenvolvimentos de projetos em ambiente que propicie a inovação, com imagens e textos sobre conceitos inovadores e liberdade para criar. Professores experientes e inovadores são elementos chave no trabalho para a inovação tecnológica.</p>
<p>Foco em detalhes de um projeto, como os aspectos econômicos com maximização de lucro.</p>	<p>Orientação para análise de grandes configurações. Estímulo a perguntas que exijam abstração e imaginação, considerando diversos caminhos possíveis para a solução de um problema - flexibilidade interpretativa da tecnologia.</p>

Fonte - elaborado pelos autores.

Um dado preocupante apontado por Silva, Castro e Maciel (2008) é que incongruências entre as práticas docentes e os discursos conduzem ao cerceamento do aprendizado, colaborando para a falta de reflexão sobre os conteúdos abordados. Dessa forma, os estudantes acabam reproduzindo a metodologia a que são expostos, o que dificulta a criação de um ambiente propício à inovação.

Pesquisa realizada por Cankar et al. (2013), em relação à promoção da capacidade de inovar, sugere que a participação das escolas e da comunidade local na promoção da criatividade e inovação é influenciada por uma rede de circunstâncias sociais ligadas às experiências dos parceiros envolvidos. No cerne do projeto estão abordagens que enfatizam a solução de problemas criativos e sustentáveis, bem como a análise do pensamento e ação empresariais.

Os resultados da pesquisa de Cankar et al. (2013) apontam para a falta de consciência sobre a importância da união entre o sistema de ensino e o mercado de trabalho. Os diretores classificaram que professores bem preparados, a autonomia das escolas, o ambiente e o currículo são os principais fatores que promovem a inovação nas escolas. A excessiva burocracia e a legislação são os maiores obstáculos para a inovação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da expectativa de melhoria da capacidade inovadora no país, a resposta à pergunta se é possível estimular a capacidade inovadora dos estudantes é afirmativa, porém, exige esforço dos diversos setores da sociedade. Das empresas para estabelecerem sistemas de cooperação com as instituições de ensino, oferecendo recursos em termos de acesso a novos equipamentos e de pessoal. Do governo, estabelecendo políticas claras e fornecendo financiamento ao setor, além do comprometimento da sociedade como um todo, que de forma democrática, aponte as áreas mais relevantes, exercendo a cidadania.

Uma mudança de postura das instituições de ensino deve ocorrer, para propiciarem um ensino centrado na participação ativa dos estudantes, a criação de equipes multidisciplinares, aproximando o mundo acadêmico da realidade profissional. Além disso, devem fornecer oportunidades para despertar a capacidade criativa, independência, formação de redes de relacionamentos e atualização contínua, propondo desafios em projetos de inovação tecnológica e valorização de empresas júniores, bem como estímulo à carreira profissional.

Não é possível desenvolver um ensino de engenharia que estimule a inovação tecnológica por meio dos métodos tradicionais. Criatividade, invenção e inovação, trabalhos em equipes multidisciplinares não devem estar associados unicamente à produção de artefatos tecnológicos, mas também aos sistemas de ensino, visando a melhoria dos aspectos econômicos de uma comunidade, sobretudo com objetivos mais amplos, como a redução das desigualdades sociais, preocupações ambientais e éticas. Para isso, um professor experiente e consciente de seu papel na formação do estudante é peça chave na criação de um ambiente propício à inovação tecnológica.

Vários obstáculos precisam ser superados e o campo de estudos CTS pode oferecer importantes contribuições, fornecendo uma visão mais crítica e reflexiva acerca do processo de inovação tecnológica, seu impacto na sociedade, em termos

ambientais, culturais e sociais, como forma de repercutir no processo de tomada de decisões políticas, indo muito além da redução dos custos de produção e dos serviços prestados. Dessa forma, propiciar o acesso consciente às tecnologias em busca de melhores condições de vida para todos e justiça social.

Engineering education and technological innovation: how to stimulate the ability to innovate?

ABSTRACT

Technological innovation is a topic that occupies a prominent position in today's world. However, it is rarely discussed by engineering students. A study was conducted by means of research in the Capes journals portal, whose papers were selected by combining the following search terms in English and Portuguese "entrepreneurship (empreendedorismo)," "innovation (inovação)", "education (educação)"; "Engineering (engenharia)" aiming to retrieve national and international research papers. This study aimed to address the technological innovation in the educational perspective and answer the following question: how to stimulate the capacity for innovation in engineering education? The results indicate that the solution is not simple, both to break away from the traditional methodology and creating teaching strategies approaching the classroom of the business world's reality. Papers that deal with the use of technologies as innovative tools in the process of teaching and learning, as well as discussions on innovations in products and services unrelated to engineering education were excluded. The present study points out some strategies: knowledge of the reality of innovative companies by the academic world, stimulating work in multidisciplinary teams, professional development with emphasis on the future, and critical and amplified vision of the social dynamics. Accordingly, the STS (Science, Technology and Society) field of study can offer important contributions. It provides elements for analytical thinking of the technological innovation process, with a look to improve issues of quality of life, without focusing exclusively on the production costs reduction.

KEYWORDS: Technological innovation. Engineering education. Science, Technology and Society (STS).

REFERÊNCIAS

ARMOND, A. C.; NASSIF, V. M. J. **Liderança como elemento do comportamento empreendedor: um estudo exploratório**. São Paulo: Revista de Administração Mackenzie, v. 10, n. 5, p. 77-106, 2009.

BALADRÓN, C. et al. Improving teaching in engineering education: adjunct enterprise professors programme. **Journal of Intelligent Manufacturing**. n. 24, p. 495-499, 2013.

BAZZO, W. A. **Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: Ed. da UFSC. 2010. 287p.

BENEDETTI, M. H.; TORKOMIAN, A. L. V. Uma análise da influência da cooperação Universidade-Empresa sobre a inovação tecnológica. São Carlos: **Revista Gestão & Produção**, v. 17, n. 4, p. 145-158, 2010.

BRASIL. IBGE. **Pesquisa de Inovação**. Pintec, 2011. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/pintec2011%20publicacao%20completa.pdf>>. Acesso em: 20/04/2014.

CABOT, E. A. Una alternativa didáctica para el perfeccionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. **Revista Iberoamericana de Educacion**, n. 58, p. 81-97. 2012. Disponível em: <<http://www.rieoei.org/rie58a04.pdf>>. Acesso em 24/04/2014.

CANKAR, F. Schools and promotion of innovation. **Croatian Journal of Education**, v.15, Sp.Ed. n. 2, p. 179-211, 2013.

CHANG, Y. S. Student technological creativity using online. **International Journal of Technology and Design Education**, n. 23, p. 803-816, 2013.

DOLABELA, F. Razões para disseminar a educação empreendedora. In: ____ **Oficina do empreendedor**. Rio de Janeiro: Sextante. Cap. 1. p. 24-36, 2008.

ETZKOVITZ, H. StartX and the 'Paradox of Success': Filling the gap in Stanford's entrepreneurial culture. **Social Science Information**, n. 52, p. 604-628, 2013.

ETZKOVITZ, H. et al. Pathways to the entrepreneurial university: towards a global convergence. **Science and Public Policy**, p. 681-695, 2008.

FERRARI, R. Lanchonete ou empresa de tecnologia. In: ____ **Empreendedorismo para computação: criando negócios em tecnologia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. Cap. 3. p. 25-40.

FERREIRA, N. S. A. As pesquisas denominadas "estado da arte". **Educação & Sociedade**. Campinas, v. 23, n. 79, p. 257-272, 2002.

FLORIANI, R.; BEUREN, I. M.; HEIN, N. Análise comparativa da evidencição de aspectos de inovações em empresas construtoras e multisetoriais. JISTEM - Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação (**Journal of Information Systems and Technology Management**), v. 7, n. 3, p. 693-712, 2010.

FONTENELLE, I. A. Para uma crítica ao discurso da inovação: saber e controle no capitalismo do conhecimento. São Paulo: FGV: **Revista de Administração de Empresas – RAE**, v. 52, n. 1, p. 100-108, 2012.

GEM (Global Entrepreneurship Monitor). **Relatório executivo**. 2012. Disponível em:
<[http://bis.sebrae.com.br/GestorRepositorio/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/9696c98c23d137fd0d8af1300d9742b0/\\$File/4226.pdf](http://bis.sebrae.com.br/GestorRepositorio/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/9696c98c23d137fd0d8af1300d9742b0/$File/4226.pdf)>. Acesso em 06/05/2014.

GOLDBERG, M. R.; PEARLMAN, J. L. Best practices for team-based assistive Technology design courses. **Annals of Biomedical Engineering**, v. 41, n. 9, p. 1880–1888, 2013.

GUIMARÃES, E. L. A formação do engenheiro brasileiro. **Pesquisa em debate**. Unimarco. Ano 1, n. 1. Julho-Dezembro, 2004.

HENRIQUE, D. C.; CUNHA, S. K. Práticas didático-pedagógicas no ensino de empreendedorismo em cursos de graduação e pós-graduação nacionais e internacionais. **Ram – Revista de Administração Mackenzie**, v. 9, n. 5, p. 112-136, 2008.

KEOGH, W.; GALLOWAY, L. Teaching enterprise in vocational disciplines: reflecting on positive experience. **Management Decision**, v. 42, n. 3/4, p. 531-541, 2004.

KINDELÁN, M. P.; MARTÍN, A. M. **Ingenieros del siglo XXI: importancia de la comunicación y de la formación estratégica en la doble esfera educativa y profesional del ingeniero**. **Arbor - Ciencia, Pensamiento y Cultura**, p. 731-742, 2008.

MENZIES, M. B. Researching scientific entrepreneurship in New Zealand. **Science and Public Policy**, n. 39, p. 39–59, 2012.

MOREIRA, M. L.; VELHO, L. Pós-graduação no Brasil: da concepção "ofertista linear" para "novos modos de produção do conhecimento" implicações para avaliação. **Avaliação** (Campinas), v.13, n. 3, p.625-645, Nov. 2008.

MUSTAR, P. Technology management Education: innovation and Entrepreneurship at MINES Paris Tech, a leading French Engineering School. **Academy of Management Learning & Education**, v. 8, n. 3, p. 418-425, 2009.

OLIVEIRA, A.; BRITO, D. A. Living Labs: a experiência Portuguesa. **Revista CTS**, v. 8. n. 23, p. 201-229, 2013.

ROSENBERG, N. **Por dentro da caixa preta: tecnologia e economia**. Campinas-SP: Ed. Unicamp, 2006.

SILVA, A. J. H.; CASTRO, M.; MACIEL, C. O. Perfil profissional e práticas de docência nos cursos de administração: por onde andam as novas tecnologias do ensino superior? **Revista de Administração Mackenzie**, v. 9, n. 5, p. 155-178, 2008.

SILVA, A.; HENRIQUES, E.; CARVALHO, A. Creativity enhancement in a product development course through entrepreneurship learning and intellectual property awareness. **European Journal of Engineering Education**, v. 34, n. 1, p. 63-75, March 2009.

SILVEIRA, R. M. C. F.; PINHEIRO, N. A. M.; BAZZO, W. A. A perspectiva social do desenvolvimento científico e tecnológico. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 29, n. 1, p. 3-10, 2010.

SOUSA, C. M.; GOMES, G. F. A importância do enfoque CTS na graduação de engenheiros. **Educação & Tecnologia**, v. 15, n. 2, 2010.

STILGOE, J.; OWEN, R.; MACNAGHTEN, P. Developing a framework for responsible innovation. **Research Policy**, n. 42, p. 1568-1580, 2013.

VELHO, L. O Papel da Formação de Pesquisadores no Sistema de Inovação. **Ciência e Cultura (SBPC)**, v. 59, p. 23-28, 2007.

ZAPPE, S. et al. Teaching to innovate : beliefs and perceptions of instructors who teach entrepreneurship to engineering students. **International Journal of Engineering Education**, v. 29, n. 1, p. 45–62, 2013.

Recebido: 21 dez. 2015.

Aprovado: 05 abr. 2016.

DOI: <http://dx.doi.org/10.3895/rts.v12n25.3654>

Como citar: PEREIRA, V. R. A.; HAYASHI, C. R. M.; FERRARI JUNIOR, R. Ensino de engenharia e inovação tecnológica: como promover a capacidade de inovar? **R. Technol. Soc.**, Curitiba, v. 12, n. 25, p. 111-128, mai./ago. 2016. Disponível em: < <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/3654>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Carlos Roberto Massao Hayashi
Departamento de Ciência da Informação - UFSCar
Rodovia Washington Luis, Km 235
13.565-905 - São Carlos - SP - Brasil

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

