

Engenharia engajada – desafios de ensino e extensão

RESUMO

Este artigo debate a emergência da engenharia engajada. A educação em engenharia é tradicionalmente atrelada à indústria e desconhecadora de seu papel social. Nesse contexto, surge um movimento internacional de múltiplas iniciativas advogando mudanças em escolas de engenharia e nas concepções de ensino e extensão. Reconhecendo a atual fragmentação da pesquisa na área, esse artigo destaca problemas teóricos e empíricos para o estudo do fenômeno. As seções incluem um indicativo da pluralidade das iniciativas na área, problemas conceituais da engenharia engajada e seus focos de aplicação, os desafios do design institucional, um breve panorama das novas vertentes pedagógicas e uma reflexão crítica sobre os projetos de extensão. Finalmente, debate-se o papel de ideologias conflituosas nesse campo, e recomenda-se critérios para boas práticas em projetos de extensão tecnossocial.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia e Desenvolvimento Social. Educação e Engenharia. Engenharia Engajada. Extensão Universitária. Engenharia Humanitária.

John Bernhard Kleba

jkleba@gmail.com

Instituto de Tecnologia e Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo, Brasil.

INTRODUÇÃO

As engenharias se constituem numa matriz de formação de especialistas com alto domínio tecnológico, mas em regra carecendo de uma reflexão sobre a relação entre a produção tecnocientífica e os contextos sócio-políticos (NIEUSMA, 2011; JOHNSON; WETMORE, 2008, p.576). Nos últimos anos, na contra-corrente dessa matriz tradicional, se dissemina um conjunto de movimentos no Brasil e no exterior, aos quais denominamos engenharia engajada (EE). Esse movimento se define por reivindicar a mudança social através de um novo papel das engenharias. A EE apresenta-se em iniciativas plurais dentro de escolas de engenharia, ações de desenvolvimento inclusivo, diretrizes de educação, organizações sem fins lucrativos, negócios sociais e redes de tecnologias sociais, entre outros. Argumenta-se que a carência de soluções efetivas de problemas globais como a pobreza e a destruição ambiental têm uma relação direta com a forma da engenharia ser exercida na prática, exigindo uma mudança de paradigma no ensino das engenharias, no design tecnológico e no compromisso com projetos de interesse público (AMADEI; SANDEKIAN, 2010, p.85). O conceito envolve praticamente todas as áreas de engenharia, desde tecnologias assistivas até soluções para água potável e saneamento ou inclusão digital¹. Ações de EE podem ter objetivos multidimensionais, por exemplo a Solarsisters conecta projetos de energia limpa com a promoção dos direitos de mulheres, focando simultaneamente em 11 objetivos de desenvolvimento², inspirada nos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (UNO, 2015).

Todavia, a EE esbarra em inúmeros desafios. Longe de ser homogênea, ela abarca uma pluralidade de concepções e práticas muitas vezes divergentes. Ao mesmo tempo, nesse campo de saber carecem de publicações com foco mais abrangente e comparativo, sendo mais comuns os estudos pontuais dedicados a casos empíricos ou debates teóricos (NELSON, 2011; LAPPALAINEN, 2011; GIL, PIFFER; PATRÍCIO, 2008). Em decorrência, o presente artigo pretende prover uma breve introdução para os desafios relacionados à temática.

Na primeira seção são abordados problemas conceituais da EE, assim como as múltiplas denominações na área. A seção que segue visa ilustrar a diversidade de iniciativas de EE dentro e fora das escolas de engenharia. Os desafios do design institucional e curricular são objeto da terceira seção, incluindo novas concepções pedagógicas propostas. Na quarta seção, debatem-se as dificuldades e ambiguidades dos projetos de extensão. O papel de ideologias em torno da EE é examinado na última seção. Já nas palavras finais formulam-se diretrizes para boas práticas nesse campo.

ENGENHARIA ENGAJADA

A EE abrange múltiplas autodenominações, resultante da diversidade das propostas e de sua constituição local. Ela é expressa em conceitos restritos às engenharias tais como engenharia para o desenvolvimento social, engenharia humanitária, *service learning*, engenharia e desenvolvimento sustentável comunitário, responsabilidade social na engenharia e engenharia para a justiça social, entre outros (LUCENA; SCHNEIDER; LEYDENS, 2010, p.85; 104; VALDERRAMA et al, 2012, p.19). Além disso, iniciativas da EE também se inserem em conceitos transversais como tecnologia social ou empreendedorismo social.

O uso da ‘engenharia engajada’ aqui proposto alude ao programa engajado dos estudos em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), como uma expressão guarda-chuva, capaz de abarcar a pluralidade nesse campo de teoria e ação. O ‘programa engajado’ dos estudos CTS combina o ativismo de interesse público com a pesquisa de relevância teórica (SISMONDO, 2008, p.20-21). Este mesmo programa engajado espelha, no campo das criações tecnológicas, o movimento da *peoples science*, em seus ensejos políticos e epistemológicos (HESS et al., 2008, p.476-477), ou seja, no sentido de um repensar e refazer tecnológico democrático, de baixo para cima (*bottom-up*).

Enquanto a liberdade de grupos locais na sua autodefinição deve ser preservada, muitos destes conceitos expressam facetas que merecem reflexão crítica. Por exemplo, será que no uso do ‘desenvolvimento social’, debatemos suficientemente alternativas de desenvolvimento rompendo consumismo alienante e uma releitura a partir de uma epistemologia do Sul? (SACHS, 2000; SOUZA SANTOS, 2010). Por sua vez, a engenharia humanitária, definida como “*the exercise of active compassion for those on the margins of social wealth and power*” e “*(to) meet the basic needs of all*” (MITCHAM; MUNOZ, 2010, p.34-35), se usa de noções problemáticas, afinal as motivações podem ir além da ética da compaixão. Além disso, rejeitando o simplismo da tese da pirâmide de Maslow³, como delimitar o que seriam necessidades básicas? Estariam a igualdade de oportunidades e a inclusão digital incluídas?

A demanda da EE para um redesenho do papel das engenharias e da produção sociotécnica inclui:

- Ênfase em projetos com impacto real na vida de grupos sociais marginalizados;
- Busca de integração da extensão e ação social junto ao ensino e pesquisa;
- Novas vertentes teóricas e pedagógicas que habilitem para a mudança social;
- Desenho tecnológico com virtudes cívicas.

Basicamente há duas ideias subjacentes aqui. Por um lado, rejeita-se que estado e mercado sejam os únicos agentes que direcionem a mudança social, sem desconsiderar seu papel, mas enfatizando-se o agenciamento de indivíduos e grupos como construtores da cidadania a partir da sociedade civil. Por outro, esse agenciamento exige a aprendizagem de habilidades diversas, adicionando valor à formação da engenharia e lhe revestindo de uma nova ética.

A EE se insere num movimento mais amplo de soluções tecnossociais e econômicas para a cidadania, cujos objetivos podem incluir:

- Compromisso com a superação da pobreza e promoção da emancipação econômica;
- Igualdade de oportunidades independentemente de classe, gênero, raça ou outros atributos;
- Promoção da democracia e da autodeterminação de minorias políticas e culturais. Combate ao autoritarismo e à corrupção;
- Ecologia política;
- Inclusão social mediante tecnologias assistivas.

Já os instrumentos de mudança social são diversos, e compreendem em geral: desenho tecnológico alinhado com as causas sociais; capacitação e formação; geração de renda e estratégias econômicas; e enfoques *bottom-up* de empoderamento e co-criação, que se opõem a práticas de assistencialismo e tecnocracia.

A EE pode ser definida por conceitos negativos, definidos pelo que se carece, como o combate à pobreza, à opressão, à exclusão. Conceitos positivos de EE, por outro lado, tem a vantagem de permitir repensar alternativas de desenvolvimento como um todo, como a promoção da cidadania, do empoderamento e da qualidade de vida.

Em geral, pode-se distinguir duas correntes da EE: foco generalista e sistêmico e foco em grupos marginalizados. A primeira é inclusiva, no sentido de entender que a EE não exclui a diversidade ideológica, abarcando movimentos de esquerda até empreendedores sociais. Esse foco também é sistêmico no sentido de buscar redefinir a base tecnosocial como um todo, incluindo a economia, o estado e a sociedade civil (UNESCO, 2010, p.48, 58-59). Demandas pela sustentabilidade ambiental na indústria e a formação de um 'engenheiro global' (DOWNEY et al., 2006; BOURN; NEAL, 2008) se enquadram aqui.

Já uma definição restrita, expressa nos conceitos de 'engenharia para a justiça social' (RILEY, 2008) e 'engenharia popular e solidária', define a EE como sendo aquelas iniciativas com foco no empoderamento de grupos sociais marginalizados e oprimidos, pondo em relevo a superação de desigualdades econômicas e de poder (NIEUSMA, 2011, p.09). O empoderamento é concebido como uma complexa interação entre sociedade civil e estado, inspirado em Gramsci, na qual há um potencial de agenciamento dos cidadãos na busca de seus interesses e necessidades, incluindo sua capacidade de auto-organização e de reivindicação perante políticas públicas (ADAMSON, 2010, p.116).

De um ponto de vista tecnológico, as ações cidadãs podem se direcionar para três dimensões: disseminação, ou seja, a inclusão social com acesso a tecnologias já disponíveis; a otimização tecnológica; e a revolução tecnológica⁴. Tome-se como exemplo os automóveis. Pode-se permitir aos excluídos adquirir carros (inclusão), pode-se projetar carros menos poluentes e que evitem acidentes (otimização), ou pode-se buscar reinventar o conceito de mobilidade para além do automóvel na forma como ele é concebido hoje, provendo soluções que apresentem vantagens tecnosociais, econômicas e ambientais (revolução).

DISSEMINAÇÃO E PLURALIDADE

A disseminação da EE é palpável em inúmeras iniciativas de escolas de engenharia e instituições afins, em diferentes graus de formalização. Longe de fornecer um panorama completo, pretende-se aqui apenas espelhar alguns exemplos. Uma evidência da institucionalização acadêmica da EE são os periódicos especializados como o '*Journal of Humanitarian Engineering*'⁵, o '*International Journal for Service Learning in Engineering, Humanitarian Engineering and Social Entrepreneurship*'⁶ e o '*Engineering for Change*'⁷.

Entre inúmeros exemplos da EE em cursos de engenharia no Brasil, pode-se nomear a Poli-Cidadã da Universidade de São Paulo (USP) (GIL; PIFFER; PATRÍCIO, 2008) e o Núcleo de Solidariedade Técnica - SOLTEC da Universidade Federal do

Rio de Janeiro (UFRJ) (TYGEL et al., 2010). Recentemente, o Laboratório de Cidadania e Design Criativo (C-lab) no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) também vem trabalhando nessa linha (RIBEIRO; SANTANA; KLEBA, 2015)⁸. Da mesma forma, estudantes e profissionais do ensino se reúnem em congressos como o Simpósio de Ciência, Tecnologia e Sociedade (ESOCITE), o Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social (ENEDS) e a Reunião Universitária de Empreendedorismo e Responsabilidade Social (REUNES).

Nos EUA destacam-se os programas ‘Desenvolvimento através do Diálogo, Design e Disseminação’ (D-Lab) do *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* (NELSON, 2011), ‘Projetos de Engenharia para o Serviço Comunitário’ (EPICS) da Universidade de Purdue (COYLE; JAMIESON; OAKES, 2005) e ‘Engenharia para Comunidades em Desenvolvimento’ da Universidade de Colorado (AMADEI; SANDEKIAN, 2010).

Organizações como a *Rede Yunus, Engineers Without Borders (EWB), Engineers Against Poverty e Practical Action* (UNESCO, 2010, p. 64s), Artemisia e Ashoka (GRISI, 2008, p.71), e a Rede de Tecnologias Sociais (REDE DE TECNOLOGIAS SOCIAIS, 2009), assim como competições e premiações na área, a exemplo da *Enactus*⁹ e da *Imagine Cup*¹⁰, também atuam na promoção de projetos tecnossociais oferecendo a universitários em geral, incluindo aos alunos de engenharia parcerias, oportunidades de estágio e aprendizagem com engajamento social.

Como tema de pesquisa e debate, pergunta-se em quais pontos tais iniciativas convergem ou divergem, na sua base ideológica e em seus objetivos, na sua forma de organização e nas suas estratégias de ação, incluindo aqui suas métricas e narrativas para avaliar seu agenciamento nas causas sociais e políticas.

CONCEPÇÕES PEDAGÓGICAS E DESIGN INSTITUCIONAL

No Brasil, a diretriz curricular dos cursos de engenharia CNE/CES nº 1.362/2001 (BRASIL, 2001) abre espaço para a inserção da EE no ensino. Em termos de diretrizes educacionais, o relatório da UNESCO *Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development* (UNESCO, 2010) demanda a urgência de uma renovação da formação em engenharia, internamente via reformas institucionais e curriculares, e externamente a partir de uma contribuição mais efetiva na solução de problemas contemporâneos. O relatório, que expressa recomendações do *World Congress on Engineering Education (WFEO)*, chama para a responsabilidade social na engenharia com a inclusão de elementos normativos como justiça social, erradicação da pobreza e sustentabilidade ambiental. Ressalte-se que projetos de cunho social demonstram ter impacto significativo no aprimoramento de habilidades de design de protótipos dos estudantes, conforme o estudo *Prototype to Production: Processes and Conditions for Preparing the Engineer of 2020* (MCKENNA et al, 2011, p.23).

Mas quais os condicionantes para que as mudanças demandadas pela EE sejam implementadas em escolas de engenharia? Distingue-se aqui duas dimensões deste problema: o design institucional e as concepções pedagógicas.

Entre os condicionantes para o sucesso de programas de inovação da educação em engenharia, o estudo *Excelence in Engineering Education* destaca: liderança, engajamento, design educacional, forma de planejamento e estratégia

de implementação (GRAHAM, 2012, p.60-65). Faz-se necessário não somente a atuação de profissionais da instituição na liderança de um processo de transformação do modelo educacional, mas também o apoio das instâncias decisórias, assim como um suporte administrativo e financeiro. Este conjunto de fatores deve obter volume suficiente para possibilitar espaços para a introdução de projetos-piloto de mudança curricular, acesso a laboratórios e sua equipagem e fomento a projetos de extensão. Um desafio particular é a própria cultura epistêmica de profissionais da educação em engenharia que, via de regra, é socializada por uma matriz conservadora do modelo de ensino e aprendizagem e resistente a mudanças.

As experiências empíricas demonstram uma grande variabilidade na inserção institucional da EE. Em alguns casos não se criam novos cursos, mas há uma integração de disciplinas de cursos já existentes em torno de projetos, como no modelo EPICS (COYLE; JAMIESON; OAKES, 2005, p.04). Em outros casos, novos cursos são criados e cursos de professores colaboradores de diversos departamentos aglutinados, como no caso do D-Lab/MIT¹¹. Ou ainda, uma integração CTS é embutida em diversos níveis na criação de novos cursos de engenharia, incluindo a integração com políticas públicas e cooperativas, como no novo campus da Universidade Federal de Santa Catarina, campus de Blumenau¹².

Em escolas dos EUA são comuns formas de institucionalização com suporte financeiro generoso, possibilitando projetos internacionais junto a comunidades desfavorecidas, e desta forma envolvendo os alunos nos desafios de uma experiência intercultural, a exemplo dos eventos do *International Development Design Summit* (IDDS)¹³. Em contraste, no Brasil a criatividade no engajamento social parece ser mais ampla, traduzida em conceitos como o desenvolvimento integral e conscientizador de Paulo Freire (ORTIZ-RIAGA; MORALES-RUBIANO, 2011, p.352-353), a economia solidária (SINGER, 2008), e as incubadoras tecnológicas e cooperativas populares (FELIZARDO, 2015).

Não cabe a busca de um modelo ideal de EE, senão compreender como cada iniciativa institucional se insere em seu contexto de condicionantes, limites e potenciais e seu histórico de constituição. Nesse contexto, cabe também perguntar sobre a cooperação interinstitucional e as inspirações conceptuais de iniciativas locais, que longe de serem isoladas, atuam em redes emergentes.

No âmbito de concepções pedagógicas, teóricas e metodológicas, apresentam-se aqui vertentes diversas. Estas, embora independentes da EE, funcionam como ferramentas de aprendizagem a serem combinadas entre si ou não, em cada experiência particular. Destaque-se aqui a contribuição dos estudos CTS, que refletem criticamente sobre temas como o determinismo tecnológico, a neutralidade da técnica e a preponderância dos interesses industriais na produção sociotécnica (ANDERSON; ADAMS, 2008; BAZZO; PEREIRA; LINSINGEN, 2008; MARQUES, 2009). O programa CTS demanda que o paradigma positivista de tecnociência, ainda dominante no ensino superior de engenharia, dê lugar ao construtivismo dos sistemas de conhecimento e a reflexões críticas com auxílio das ciências sociais (FENNER et al., 2005, p.238).

Uma segunda vertente é a aprendizagem focada em problemas - *problem based learning* (PBL). O PBL parte de um problema complexo, em geral selecionado pela motivação dos alunos, para o qual são pesquisadas e experimentadas soluções, integrando dessa forma a aprendizagem das diversas disciplinas

relacionadas (DE GRAAFF et al., 2015). O PBL se contrapõe ao modelo vigente da maioria das práticas educacionais, que é baseado em conteúdos fragmentados e descontextualizados, e em geral rapidamente esquecidos após os exames. Instituições como o *Olin College, a Aalborg University* e no Brasil o Insper são pioneiros nessa área. Há experiências que aglutinam o PBL na EE, como o programa *Ingenio, Ciencia, Tecnología y Sociedad* da Universidade Nacional da Colômbia, voltado para ações pós-conflito em comunidades vulneráveis afetadas pela guerra civil (Reina-Rozo; Peña, 2015).

O design criativo, ou *design thinking in action*, representa uma terceira vertente. Trata-se de uma concepção pedagógica que objetiva instigar a inovação combinando técnicas de desenhos e soluções inusitadas com atividades mão-na-massa (*hands on*) (BROWN, WYAT, 2010, p.32). Nesse âmbito, o conceito de cocriação representa os destinatários de um projeto social como sujeitos que participam e co-determinam o processo em todas as suas etapas, desde a seleção inicial do problema até as decisões sobre os encaminhamentos, o desenho de soluções e protótipos e as avaliações das etapas e resultados (SMITH, s.d.; AMADEI; SANDEKIAN, 2010, p.87; MURCOTT, 2005).

Uma quarta vertente se inspira no empreendedorismo ou negócio social, objetivando tornar engenheiros capazes de conceber e implementar projetos com potencial econômico na produção de bens e serviços. Para serem capazes de implementar empreendimentos em todas as suas etapas, alunos são requeridos a aprender a interagir com diferentes públicos, dominar as opções sobre modelos de organização, assim como familiarizar-se com estratégias de financiamento, marketing, ventures e design do produto (BROCK; STEINER; JORDAN, 2012). O empreendedorismo social combina a base teórica de autores como Schumpeter, Swedberg e Ziegler, entre outros, com objetivos práticos (*practice led*), a exemplo das publicações veiculadas pelo periódico *Stanford Social Innovation Review* (CHOI; MAJUMDAR, 2015, p.12-17).

Uma quinta vertente de teoria e ação é dada pelos conceitos de tecnologia social no seu sentido estrito (DAGNINO, 2004) e de engenharia popular e solidária, tônica dominante do SOLTEC e ENEDS, perseguindo modelos de empreendimentos autogestionários e cooperativas populares, e tendo como um de seus principais inspiradores Paulo Freire. Entre outros, nessa perspectiva trabalha a Rede Universitária de Incubadoras Tecnológicas de Cooperativas Populares (ITCP's). Essa vertente se autocompreende como de oposição ao capitalismo.

Outras concepções de ensino enfatizam objetivos e instrumentos mais específicos, a exemplo da capacidade de comunicação e trabalho em equipe (ABET, 2006, p.11), do fomento da capacidade antropológica de compreender e atuar em diferentes culturas (*cross-cultural dialogue*), do *global thinking* (BOURN; NEAL, 2008) e da formação interdisciplinar (UNESCO, 2010, p.43).

Essas vertentes apresentam elementos de sinergia e conflito entre si. Iniciativas de EE podem usar um ou mais desses enfoques como ferramentas para a aprendizagem da reflexividade e das habilidades necessárias de engenheiras e engenheiros. O que é particular à EE é que ela reivindica um *ethos* particular de ações transformativas do mundo real. Portanto, nas instituições acadêmicas a EE sempre será vinculada à extensão.

EXTENSÃO ENGAJADA

Embora a Constituição da República de 1988 preveja em seu art. Art. 207 o ‘princípio de indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão’, de fato a extensão é o elemento menos valorizado no exercício da profissão acadêmica e nas prioridades dos órgãos de fomento acadêmicos. Além disso, num contexto em que a produção tecnocientífica é predominantemente direcionada para os interesses empresariais (MIROWSKI, 2010), oportunidades de carreiras profissionais da engenharia com um vínculo mais direto da EE ainda são incipientes. Me utilizo aqui do termo extensão engajada, distinguindo-o de outras acepções da extensão como atividade de formação docente, cursos de especialização ou mesmo cooperação com a indústria.

No plano conceitual “a extensão universitária é o processo educativo, cultural e científico que articula o Ensino e a Pesquisa de forma indissociável e viabiliza a relação transformadora entre Universidade e Sociedade” (PLANO..., 2001, p.05). No plano metodológico, a extensão usualmente recorre à pesquisa participante e à pesquisa-ação (THIOLLENT, 2011).

Porém, o ideal de articulação das três esferas, quando posto em prática, apresenta inúmeras dificuldades. A abordagem de extensão da EE enfatiza noções de empoderamento, de co-criação mediante envolvimento de artesãos locais e de reflexão sobre o respeito às diferenças culturais. Avaliações de casos empíricos nesse campo, entretanto, demonstram uma frequente incongruência entre os objetivos ético-políticos e sua implementação. Projetos de extensão se situam num contexto de estrangulamentos rígidos de currículos, escassez de tempo, pressões acadêmicas, e negociações entre os *stakeholders*, envolvendo expectativas e graus de comprometimento diversos. Um dos resultados desse contexto é a priorização da produção de resultados, sejam estes produtos ou publicações, em lugar de processos mais efetivos de capacitação da comunidade na direção do empoderamento (NIEUSMA, 2011).

Nieusma e Riley versando sobre projetos binacionais, levantam que a tomada de decisões e a coordenação dos projetos remetem a problemas de assimetrias de poder entre os participantes de países ricos e de países em desenvolvimento, ou ainda, entre profissionais urbanos com ensino superior e membros de comunidades rurais com baixa escolarização (NIEUSMA; RILEY, 2010). A ética de igualdade entre os diferentes, junto aos participantes de projetos sociais, longe de ser óbvia, passa por um processo de constante aprendizagem em lidar com a alteridade, reconhecendo a diversidade de saberes, bem como a necessidade de mediação de conflitos. A reflexividade dos estudos CTS está longe de ser um corpo de princípios normativos e de conhecimento acabado para ser aplicado no mundo empírico. Ela envolve, outrossim, uma reflexão sobre seus próprios posicionamentos contraditórios, quando se intervém na realidade e se esbarra em múltiplos desafios (LYNCH, 2008, p.10). Para o *ethos* da pesquisa, a extensão engajada pode trazer à tona tensões entre cientistas preocupados com sua autonomia de pesquisa e movimentos sociais interessados em efeitos políticos (HESS et al, 2008, p.477).

O PAPEL DE IDEOLOGIAS

Uma linha de indagação se refere ao papel das concepções político-ideológicas em torno da EE. No sentido de Mannheim, ideologias são sistemas de ideias que interpretam o mundo, mobilizando e prescrevendo certas linhas de ação política em oposição a outras, e frequentemente encobertas em práticas e discursos. Apresenta-se aqui duas tendências ideológicas na EE: o anticapitalismo e o empreendedorismo social. Além disso, há vertentes não-alinhadas. Deixo claro que ensejo aqui apenas um início de debate.

O anticapitalismo parte da oposição capitalismo/não capitalismo rejeitando linhas de ação que reproduzam atributos como foco no lucro, propriedade privada, exploração, trabalho assalariado, entre outros. Por exemplo, o conceito de tecnologia social, que está alinhado a muitas iniciativas de EE, se define em oposição à tecnologia convencional, tendo como características a viabilização de empreendimentos auto gerenciáveis, o tamanho reduzido, a não discriminação entre patrão e empregado, a orientação para o mercado interno e o estímulo à criatividade do produtor direto (DAGNINO; BRANDÃO; NOVAES, 2004; ITS, 2004). Um exemplo da EE nesta vertente é o ENEDS. Cooperativas do MST, ITCPs e economia solidária são algumas das alternativas ao capitalismo almejadas.

Já o empreendedorismo social (ES) pode ser entendido apenas como uma caixa de ferramentas para a criação de negócios ou propriamente como ideologia. Como ideologia o ES se insere em narrativas diversas. Entre essas, temos uma narrativa hegemônica em defesa do liberalismo econômico que representa o ES como a solução por excelência dos problemas sociais e ecológicos da atualidade. Iniciativas de EE que se usam do ES costumam ter uma relação implícita, não reflexiva, com seus pressupostos ideológicos. A título de exemplo, a já mencionada rede Enactus se insere nessa vertente. A própria definição do conceito de ES é alvo de disputa ideológica. Desta forma, em oposição à imagem anticapitalista e caricatural do ES veiculada por THOMAS (2009, p.41-42), DACIN & DACIN definem o ES tendo como objetivo primordial não o lucro, mas a criação de valor social e mudança social significativa (2011, p.1204-1205). O que distingue o ES de outras formas de empreendedorismo seria sobretudo sua missão ética (social, ambiental ou humanitária), incluindo iniciativas sem fins lucrativos (onde todos os aportes são direcionados para a missão) (ABU-SAIFAN, 2012). Em contraste com certas narrativas hegemônicas do ES, o espectro desse conceito também permite diversidade, incluindo libertários de esquerda e partidários do pequeno empresário que se opõem à concentração de poder econômico. Ademais, projetos de EE com fins similares podem estar vinculados a redes de qualquer matiz ideológico. Por exemplo, há projetos de emancipação social e econômica de mulheres em comunidades marginalizadas alinhados ao ES.¹⁴

Entretanto, muitas iniciativas de EE não se deixam alinhar claramente com as tendências ideológicas acima descritas. O não-alinhamento não recorre a uma doutrina política particular, senão pode partir de uma postura de ceticismo com relação a ideologias e de abertura à diversidade de soluções, inclusive híbridas. Pode-se, por exemplo, almejar atributos do anti-capitalismo – como a propriedade compartilhada e a rejeição da tecnocracia – assim como do empreendedorismo social – deixando em aberto as opções da criação de pequenos negócios por membros de comunidades carentes ou de cooperativas.

Presume-se que a maioria das iniciativas de EE não se baseia numa doutrina política muito elaborada. Boa parte dessas iniciativas priorizam um impacto no mundo real *ad hoc*, numa espécie de acionismo sem reflexão teórica, em lugar de

alinhamentos ideológicos. Nesse sentido, é comum entre engenheiros a adesão a uma certa postura pragmática, de um ativismo que, mesmo ao defender certos valores próprios à EE (como o valor do engajamento social), não percebe a relevância de elaborar de forma crítica a relação de ações da EE com aspectos políticos e ideológicos mais amplos da teoria social e da ciência política.

Ciente de que as observações aqui formuladas são apenas um convite ao debate, faz-se necessário indagar de forma mais ampla sobre o peso e a função de ideologias na EE em duas dimensões teóricas e empíricas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho introduz o campo emergente e multifacetado da EE, abrindo um panorama de interrogações para debate e pesquisa. Recomenda-se para os atores sociais ativos na EE e na extensão tecnosocial criar sua própria lista de pontos proibitivos e pontos desejáveis, que auxilie no desenho de projetos e na sua avaliação a partir de critérios e métricas. Por exemplo, uma lista negativa compreende: enfoques *top-down*, com a imposição de interesses alheios ao grupo alvo; a falta de compromisso com as expectativas criadas; o assistencialismo; o descuido no tratamento igualitário dos participantes; entre outros. Inversamente, as boas práticas da EE incluem: empoderamento efetivo e ampla participação; construção de capacidades; co-criação; soluções criativas; meta de baixo-custo; boa integração à cultura local; padrões de eficiência tecnológica; rejeição de qualquer discriminação; capacidade de disseminação; uso inteligente de tecnologias, que estimule oportunidades, entre outros. Permanecem aqui ambiguidades na relação entre os valores do grupo alvo com aqueles de pesquisadores(as) e engenheiros(as) e demais envolvidos, que demandam constante reflexão. Valores e interesses do grupo alvo frequentemente não são nem homogêneos nem romantizáveis. Por exemplo, se por um lado prima-se por respeitar a auto-determinação da comunidade parceira, por outro, deve-se convidar a superar a opressão da mulher ou do transgênero, quando presentes. Quando esse convite é capaz de partir de elementos da própria cultura local, que possam funcionar como contraponto à discriminação, preserva-se o sentimento de apropriação da comunidade sobre seu destino.

Agentes pró-ativos nesse campo estarão constantemente lidando com *trade-offs* entre os ideais das boas práticas e os constrangimentos mais diversos. Ideais como o empoderamento não são triviais quando procura-se aplicá-los na prática, demandando tempo e disposição a enfrentar uma dinâmica social incerta. Longe de reivindicar um modelo único de EE, a sua pluralidade de modelos, valores e iniciativas concretas abre possibilidade para uma miríade de experimentações sociais, enriquecendo a amplitude do debate teórico e da pesquisa empírica nesse campo.

Engaged engineering – teaching and outreach challenges

ABSTRACT

This paper debates the rising of the engaged engineering. Engineering education is traditionally designed for the industry and unaware of its social context. In this background an international movement of multiple initiatives arises advocating changes in engineering schools and their approaches to education and outreach. Recognizing the current fragmentation in this research field, this paper highlights theoretical and empirical issues for the study of the phenomenon. The sections include a picture of the plurality of initiatives in the area, conceptual issues of the engaged engineering and its implementation focus, the challenges of institutional design and the related new theories and methods in education, a critical account of the reach and limitations of outreach projects and, finally, the role of ideological clashes is debated and recommendations for good practices in the field are provided.

KEYWORDS: Engineering and Social Development. Engineering Education. Engaged Engineering. Outreach Programs. Humanitarian Engineering.

NOTAS

¹Por exemplo, mesmo em áreas como o petróleo a EE pode atacar desafios ambientais e na aeronáutica, soluções tecnossociais para a provisão de assistência mais efetiva à saúde para comunidades indígenas e ribeirinhas em áreas remotas.

²Veja a iniciativa Solar Sister disponível em: <<https://www.solarsister.org/>>. Consulta em 12 mar. 2016.

³ Maslow dividiu as necessidades humanas em cinco categorias e argumentou que somente depois de realizar as necessidades de nível inferior, como as fisiológicas, o interesse naquelas superiores poderia surgir, como o desejo de autorealização.

⁴ Informação pessoal, Amy Smith, MIT.

⁵Disponível em: <<http://www.ewb.org.au/jhe/index.php/jhe>>. Consulta em 21 set. 2015.

⁶Disponível em <<http://library.queensu.ca/ojs/index.php/ijlsle>>. Consulta em 21 set. 2015.

⁷Disponível em <<http://www.engineeringforchange.org/new-peer-reviewed-journal-fills-a-gap-in-humanitarian-engineering-research/>>. Consulta em 16 abril 2016.

⁸O C-lab tem implementado projetos de inclusão digital, aquecedores solares de baixo custo e soluções de saneamento, entre outros. Veja a respeito o vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=D-gmjUj70KE&feature=youtu.be>>. Consulta em 16 abril 2016.

⁹Disponível em <<http://enactus.org/country/brazil/>>. Consulta em 16 abril 2016.

¹⁰Disponível em <<https://www.imaginecup.com/content/details/9327>>. Consulta em 16 abril 2016.

¹¹Informação pessoal, Amy Smith/coordenadora D-lab, nov 2013, veja também: <https://d-lab.mit.edu/courses> Consulta em 20 out 2016.

¹²VON LINSINGEN, I. Perspectivas curriculares CTS para o ensino de engenharia: uma proposta de formação universitária, Linhas Críticas, Brasília, DF, v.21, n.45, p. 297-317, mai./ago. 2015.

¹³Por exemplo a rede IDIN – International Development Innovation Network, liderada pelo D-lab/MIT, e que financia os encontros internacionais IDDS, recebeu dotação de US\$ 20 Mio em 2012: VECHAKUL, Jessica. Human-Centered Design for Social Impact: Case Studies of IDEO.org and the International Development Design Summit (Doctoral Dissertation in Development Engineering). University of California, Berkeley, Berkeley, CA, 2016, p. 56.

¹⁴O autor foi parecerista convidado dos trabalhos do encontro Enactus 2016.

REFERÊNCIAS

ABET - Accreditation Board of Engineering and Technology. **Engineering Change: A Study of the Impact of EC2000**. (Lisa R. Lattuca, Patrick T. Terenzini, J. Fredricks Volkwein). Baltimore, Maryland: ABET, 2006.

ABU-SAIFAN, S. Social Entrepreneurship: Definition and Boundaries. **Technology Innovation Management Review**. Feb 2012: pp.22-27.

ADAMSON, Dave. Community empowerment - Identifying the barriers to purposeful citizen participation. **International Journal of Sociology and Social Policy, (Emerald)**, v. 30, n. 3/4, p.114-126, 2010.

AMADEI, Bernard; SANDEKIAN, Robyn. Model of Integrating Humanitarian Development into Engineering Education. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v.136, issue 2, p.84-92, 2010.

ANDERSON, W.; ADAMS, V. Pramoedya's Chickens: Postcolonial Studies of Technoscience. In: HACKETT, Edward J., AMSTERDAMSKA, Olga, LYNCH, Michael & WAJCMAN, Judy (eds). **The Handbook of Science and Technology Studies**. (3 ed), Cambridge (MA): MIT Press, 2008.

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

BOURN, Douglas; NEAL, Ian. **The Global Engineer - Incorporating global skills within UK higher education of engineers**. London: DFID/University of London/Engineers Against Poverty, March 2008.

BRASIL. **Diretriz curricular dos cursos de engenharia CNE/CES nº 1.362/2001**, Brasília: MEC, 2001.

BROCK, D., STEINER, S. & JORDAN, L. Using the Social Entrepreneurship Model to Teach Engineering Students How to Create Lasting Social Change. In: COLLEDGE, Thomas H. (ed). **Convergence: Philosophies and Pedagogies for Developing the Next Generation of Humanitarian Engineers and Social Entrepreneurs**, IJSLE, 2012.

BROWN, T., WYAT, J. Design Thinking for Social Innovation. **Stanford Social Innovation Review**, Winter 2010.

COYLE, E.; JAMIESON, L.H; OAKES, W.C. Phases Of Epics Projects. In: EPICS: **Engineering Projects in Community Service**. Int. J. Engng., v. 21, n. 1, 2005.

CHOI, N; MAJUMDAR, S. Social Innovation: Towards a Conceptualisation. In: Majumdar et al. (eds.), **Technology and Innovation for Social Change**, India: Springer, pp 07-34, 2015.

DACIN, M. T.; DACIN, P. A. & Tracey, P. Social Entrepreneurship: A Critique and Future Directions. In: **Organization Science, (INFORMS)**, v. 22, n.5, p. 1203–1213, 2011.

DAGNINO, Renato. A Tecnologia Social e seus Desafios. In: **Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, p. 187-209, 2004.

DAGNINO, Renato; BRANDÃO, Flávio C.; NOVAES, Henrique T. Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. In: **Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, p. 15-64, 2004.

DE GRAAFF, Erik et al. (eds.). Global Research Community: Collaboration and Developments. **Aalborg: Aalborg University Press**, 538p., 2015.

DOWNEY, Gary L. et al. The Globally Competent Engineer: Working Effectively with People Who Define Problems Differently. **Journal of Engineering Education**, p.01-16, April, 2006.

FENNER, Richard A.; AINGER, Charles M.; CRUICKSHANK, Heather J.; GUTHRIE, Peter M. Embedding sustainable development at Cambridge University Engineering Department, **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 6, n. 3, 2005.

FELIZARDO, A. O., et al.. Incubadora Tecnológica de Desenvolvimento e Inovação de Cooperativas e Empreendimentos Solidários: Verticalização das relações entre universidade e sociedade, **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 11, n. 23, jul./dez. 2015

FREITAS, Carlos C. G.; SEGATTO, Andrea P. Tecnologia Social - Caracterização da Produção Científica. **Congresso Internacional de Administração. Gestão Estratégica: Empreendedorismo e Sustentabilidade**. Ponta Grossa PR. Setembro de 2012.

GIL, Fernando de O.; PIFFER, Maria Inês; PATRÍCIO, Nathalia S. Programa Poli Cidadã: A Influência da Responsabilidade Social na Formação dos Engenheiros. V ENEDS, **Anais...** São Paulo, SP, Brasil, 02-03 set. 2008.

GRAHAM, Ruth. **Achieving excellence in engineering education: the ingredients of successful change**. The Royal Academy of Engineering and MIT, London, March 2012.

GRISI, Fernando C. **Empreendedorismo Social: Uma pesquisa exploratória de ações de disseminação no Brasil**. 2008. 148 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Curso de Pós-graduação em Administração, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2008.

HESS, D.; BREYMAN, S.; CAMPBELL, N.; MARTIN, B. Science, Technology and Social Movements. In: HACKETT, Edward J., AMSTERDAMSKA, Olga, LYNCH, Michael & WAJCMAN, Judy (eds). **The Handbook of Science and Technology Studies**. (3 ed), Cambridge (MA): MIT Press, p. 473-498, 2008.

ITS - INSTITUTO DE TECNOLOGIA SOCIAL. Tecnologia Social no Brasil: direito à ciência e ciência para cidadania. **Caderno de Debate**. São Paulo: Instituto de Tecnologia Social, 2004.

JOHNSON, Deborah G.; WETMORE, Jameson M. STS and ethics: Implications for engineering ethics. In: HACKETT, Edward J., AMSTERDAMSKA, Olga, LYNCH, Michael & WAJCMAN, Judy (eds). **The Handbook of Science and Technology Studies**. (3 ed), Cambridge (MA): MIT Press, p. 567-581, 2008.

LAPPALAINEN, P. Development cooperation as methodology for teaching social responsibility to engineers, **European Journal of Engineering Education**, v. 36, n. 6, p.513–519, Dec. 2011.

LUCENA, J. C.; SCHNEIDER, J; LEYDENS, J. A., Engineering and Sustainable Community Development, Morgan & Claypool Publishers. **Synthesis Lectures on Engineers, Technology and Society Lecture #11**, ed. Caroline Baillie, University of Western Australia, 2010.

LYNCH, Michael. Ideas and Perspectives. In: HACKETT, Edward J., AMSTERDAMSKA, Olga, LYNCH, Michael & WAJCMAN, Judy (eds). **The Handbook of Science and Technology Studies**. (3 ed), Cambridge (MA): MIT Press, p.9-11, 2008.

MARQUES, Ivan da C.. Entrevista: Estudos CTS – Natureza e Sociedade na Construção do Conhecimento Científico, **Revista Tecnologia & Cultura** – ano 10, n. 13, Rio de Janeiro: CEFET-RJ, 2009.

MCKENNA, Ann F. et al. Approaches to Engaging Students in Engineering Design and Problem Solving. **Proceedings of the American Society for Engineering**

Education (ASEE) Annual Conference, Vancouver, BC Canada, v. 18 of 29, June, p.26-29, 2011.

MIROWSKI, Philip. **The Modern Commercialization of Science is a Passel of Ponzi's Scheme**. Nicholas Mullins Lecture, Draft 2.0, February, 2010, Disponível em: <<http://ideaseco.files.wordpress.com/2011/03/mirowski-mullins-lecture.pdf>>. Acesso em: 11 julho 2013.

MITCHAM, C.; MUNOZ, D.R.. Humanitarian Engineering. **Synthesis Lectures on Engineers, Technology and Society**, Morgan & Claypool Publishers. 2010.

MURCOTT, Susan. **Perspectives on Co-designing / Co-evolving for Development. Lecture to "Design that Matters"** (SP717). Cambridge, MA: MIT, April 4, 2005.

NELSON, Lindsey. Research and development strategies for innovations that alleviate poverty. **Studies in Material Thinking**. v. 6. AUT University, December, 2011.

NIEUSMA, Dean. **Engineering, Social Justice, and Peace: Strategies for Pedagogical, Curricular and Institutional Reform**. American Society for Engineering Education, 2011.

NIEUSMA, Dean; RILEY, Donna. Designs on development: engineering, globalization, and social justice. **Engineering Studies**, v. 2, n. 1, p.29–59, April 2010.

ORTIZ-RIAGA, María C.; MORALES-RUBIANO, María E.. La extensión universitaria en América Latina: Concepciones y tendências. **Educación y Educadores**, v. 14, n. 2, p. 349-366, mayo-ag. 2011.

PLANO NACIONAL DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA. **Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Universidades Públicas Brasileiras**; SESu / MEC; Brasília, 2001.

REDE DE TECNOLOGIAS SOCIAIS. **Tecnologias Sociais: Caminhos para a sustentabilidade**. (Aldalice Otterloo et al.). Brasília/DF: Rede de Tecnologias Sociais, 2009.

REINA-ROZO, Juan D.; PEÑA, Ismael. Inventiveness and Society, an experience from the Problem Based-Learning approach for a post-conflict scenario in Colombia. In: DE GRAAFF, Erik et al. (eds.). **Global Research Community: Collaboration and Developments**. Aalborg: **Aalborg University Press**, p. 245-256, 2015.

RIBEIRO, C. H. C. ; SANTANA, L. M. ; KLEBA, J. B. Aspectos do Ensino de Engenharia: Experiências no ITA. In: **67º Reunião Anual da SBPC, Anais...**, São Carlos, 2015.

RILEY, Donna. Engineering and Social Justice, **Synthesis Lectures on Engineers, Technology and Society**, Morgan and Claypool Publ., 151p., 2008.

SACHS, Wolfgang. **Development: The rise and decline of an ideal**, n 108, Wuppertal Papers, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, 2000.

SINGER, Paul. Economia solidária. **Estudos avançados**. São Paulo, v. 22, n. 62, Apr. 2008.

SISMONDO, Sergio. Science and technology Studies and an Engaged Program. In: HACKETT, Edward J., AMSTERDAMSKA, Olga, LYNCH, Michael & WAJCMAN, Judy (eds). **The Handbook of Science and Technology Studies**. (3 ed), Cambridge (MA): MIT Press, p. 13-31, 2008.

SMITH, Amy. **Creative Capacity Building Design Notebook**. D-Lab, MIT (illustrated by Nathan Cooke, assistance from Ben Linder; Kofi Taha et al.), s.d.

SOUZA SANTOS, Boaventura. **Refundacion del Estado en America Latina – Perspectivas desde la Epistemologia del Sur**. Lima: Instituto Internacional de Derecho y Sociedad, 2010.

THIOLLENT, Michel. "**Metodologia da pesquisa-ação**." Metodologia da pesquisa-ação. Cortez, 2011.

THOMAS, Hernán E. Tecnologias para Inclusão Social e Políticas Públicas na América Latina. In: Rede de Tecnologias Sociais. **Tecnologias Sociais: Caminhos para a sustentabilidade**. (Aldalice Otterloo et al.). Brasília/DF: **Rede de Tecnologias Sociais**, p.25-81, 2009.

TYGEL, A.; DWEK, M.; ALVEAR, C. A. S.; ADDOR, F.; HENRIQUES, F. C. Tecnologias Sociais: aplicações e limites do conceito em projetos de engenharia. In: **Anais ..., VIII ESOCITE, Buenos Aires, 2010**.

UNO, **Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development**. New York: United Nations, 2015.

UNESCO. **Engineering: issues, challenges and opportunities for development.**
Paris: UNESCO, 2010.

VALDERRAMA, Andrés F. V. P. et al. Borders of Engineers Without Borders. **IJESJP**,
v1, n1, 2012..

Recebido: 19 ago. 2016.

Aprovado: 14 nov. 2016.

DOI: 10.3895/rts.v13n27.4905

Como citar: KLEBA, J. B. Engenharia engajada – desafios de ensino e extensão. **R. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 13, n. 27, p. 170-187, jan./abr. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/4905>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

John Bernhard Kleba
IEFH – ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Praça Marechal Eduardo Gomes, Nº 50
Vila das Acácias
São José dos Campos

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

