

POR UMA FORMAÇÃO CRÍTICA EM ENGENHARIA

Maurício Dwek – maudwek@gmail.com

Heloísa Coutinho – heloisa@pep.ufrj

Fernando Matheus – fernandomatheus10@hotmail.com

COPPE/UFRJ - Programa de Engenharia de Produção

UFRJ, Bloco G Centro de Tecnologia, Cidade Universitária

CEP 21945-970 – Rio de Janeiro - RJ

Resumo: *Este artigo tem o objetivo de analisar algumas das interfaces possíveis entre pensamento crítico e formação em engenharia. Partindo de uma caracterização do tipo científico-tecnológico correspondente ao ensino ministrado nas escolas de engenharia, observa-se que ainda persiste uma visão descontextualizada e alienada da técnica, dissociada de suas implicações sociais. Propomos a retomada da Teoria Crítica da Escola de Frankfurt, da Teoria da Instrumentalização de Andrew Feenberg, bem como o enfoque dos estudos de Ciência, Tecnologia e Sociedade, como elementos para reintegrar uma apreensão da complexidade do mundo real aos cursos de engenharia.*

Palavras-chave: *Teoria Crítica, Educação, Engenharia, CTS*

1 INTRODUÇÃO

Os engenheiros sempre foram considerados como os responsáveis pela resolução técnica dos problemas dos empreendimentos produtivos de um país. Segundo a Federação Interestadual de Sindicatos de Engenharia (FISENGE), “o engenheiro é o elemento-chave no processo de condução das inovações tecnológicas aos setores econômicos da sociedade, além de também ser ele o responsável pelas formas como os novos conhecimentos são difundidos e apropriados pelo aparelho produtivo” (OLIVEIRA, 2007, p. 7).

No entanto, o próprio setor produtivo que contrata os engenheiros apresenta entraves para a inovação: salvo exceções, as empresas buscam engenheiros para operar dentro de normas já estabelecidas e de processos bem definidos. O mundo do trabalho anseia por profissionais que se encaixem em seus padrões e que obedeçam a cartilhas gerenciais bem conhecidas, dentro de projetos organizacionais antiquados, baseados em princípios de competitividade, hierarquias, e colocando a eficiência produtiva acima dos valores éticos, sociais e humanos.

A formação dos engenheiros acompanha essa tendência, já que não se preocupa mais em despertar nos engenheiros o senso crítico necessário para problematizar as situações complexas da realidade em que deverão atuar. Nos currículos, existe pouco espaço para proporcionar oportunidades de confronto com as implicações sociais dos problemas de engenharia. Os alunos adquirem apenas as competências necessárias para apresentar soluções técnicas e para se adequar às empresas que os contratam, sem desenvolver a capacidade de repensar essas instituições e seus *aprioris*.

Este artigo tem o propósito de explorar as possibilidades de desenvolvimento de um pensamento crítico dentro dos cursos de engenharia, com base em elementos da Teoria Crítica da Tecnologia.

2 A FORMAÇÃO EM ENGENHARIA HOJE: TÉCNICA E ALIENAÇÃO

A formação dos engenheiros parece favorecer a adesão aos discursos gerenciais verificados na sua prática profissional. Uma análise dos currículos explícitos dos cursos de escolas tradicionais de engenharia aponta para algumas características marcantes que corroboram o argumento de uma formação ideologicamente comprometida ou enviesada. Fraga (2007) e Dwek (2008) concluem que a proporção de disciplinas com ênfase em aspectos técnicos é desmedida. Menos de 10% das disciplinas dos currículos relacionam a engenharia com outros campos do conhecimento, como aspectos sociais, econômicos ou políticos, ligados à prática da engenharia. Daí decorre uma visão distorcida do fazer científico e tecnológico como uma práxis desprovida de contextualização social. Quando o curso aborda a aplicação prática dos conceitos por ele transmitidos, os aspectos técnicos são ensinados de forma instrumental, como ferramentas cujo único campo de utilização é a indústria. Até mesmo dentro da definição clássica da engenharia como *problem setting and solving*, os cursos tendem a favorecer o ensino de heurísticas para resolução de problemas técnicos, em detrimento do ensino da capacidade de problematização. As disciplinas técnicas são ministradas sem qualquer conteúdo crítico e reproduzem a ideologia hegemônica, dispensando debates ou questionamentos quanto à validade destes padrões. Pelo conteúdo da estrutura curricular que propõem, os cursos de engenharia transmitem uma visão fechada, monolítica – no sentido de não relacionar a sua prática a outros aspectos que não os técnicos – e determinista da ciência e da tecnologia.

A contribuição de Dagnino (2005), inspirado por Feenberg (1991), cabível para uma análise da formação em engenharia, sugere a existência de quatro tipos científico-tecnológicos, qualificados resumidamente na figura abaixo:

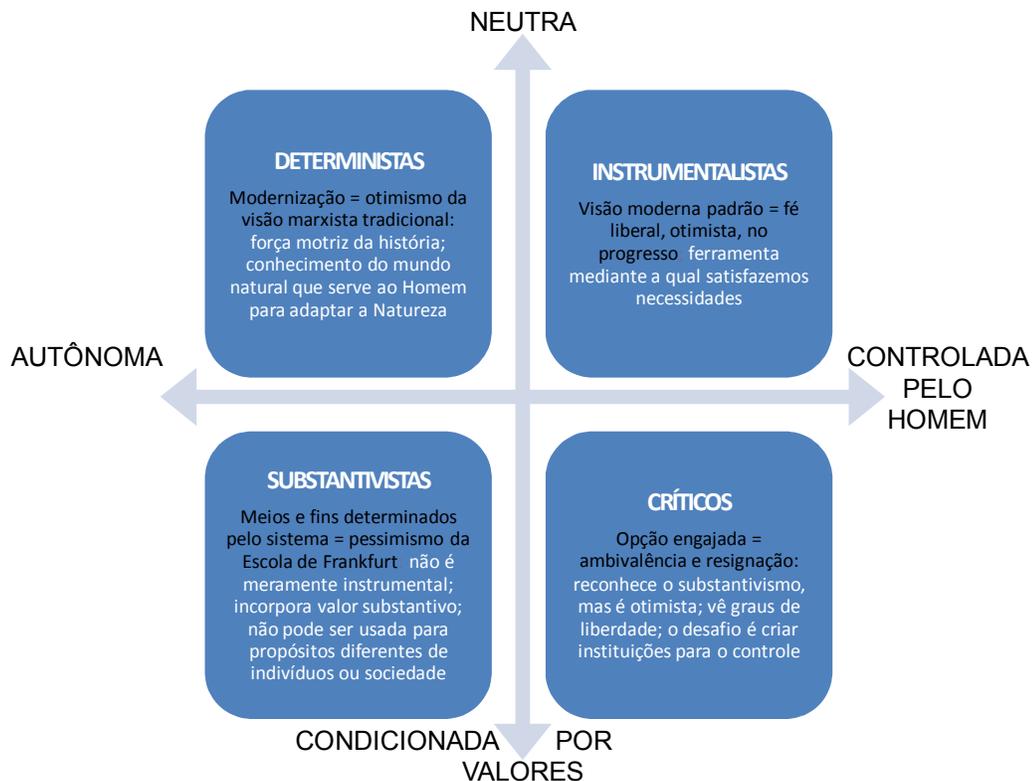


Figura 1 – Tipos científico-tecnológicos (DAGNINO, 2005).

Os instrumentalistas, tipo que mais se adequa aos cursos de engenharia, creem numa visão neutra da ciência e da tecnologia, distinguindo teoria de prática, saberes de valores, ciência e tecnologia das humanidades, especialistas de leigos e racionalidade de criatividade. Entretanto, sustentam que o desenvolvimento científico e tecnológico é a ferramenta que o homem controla para satisfazer suas necessidades. Segundo esta perspectiva claramente positivista, os avanços da ciência e da tecnologia são os instrumentos do progresso e ocorrem de maneira alheia a qualquer consideração valorativa, podendo ser transpostos e adaptáveis a qualquer contexto. Por outro lado, os deterministas acreditam na visão marxista tradicional pela qual a ciência e a tecnologia são forças externas ao homem, que condicionam seus meios de produção e assim moldam as relações sociais, econômicas e políticas. A tecnologia serve, então, tanto à ideologia capitalista como, se apropriada pela classe operária, à “libertação” e construção do “socialismo”. Os substantivistas não consideram que haja possibilidade para o “final feliz” dos deterministas, pois, para eles, a própria base tecnológica, condicionada intrinsecamente por valores, define as potencialidades de uma tecnologia. A ciência e tecnologia, tal como estão constituídas hoje em nossa “sociedade tecnológica”, não podem ser dissociadas nem da sua ideologia criadora, nem dos valores que ajudam a sua propagação e o seu controle. A constituição da tecnologia é tão fortemente comprometida que não aceita valores divergentes ou alternativos. É o típico pensamento crítico ao marxismo da Escola de Frankfurt a partir dos anos sessenta. O quarto tipo é provisoriamente denominado de crítico por falta de outro termo. Dentro deste tipo, segundo Dagnino (2005), “a tecnologia não é percebida como uma ferramenta capaz de ser usada para qualquer projeto político como pensam otimisticamente, os Deterministas. Nem como algo que deve ser usado e orientado pela “Ética”, como ingenuamente querem os Instrumentalistas. Tampouco como um apêndice indissociável de valores e estilos de vida particulares, privilegiados em função de uma escolha feita na sociedade, como os Substantivistas”.

A tecnologia é pensada como um suporte ou uma moldura para diferentes modos de vida. Para os críticos, a contribuição da tecnologia à sociedade é determinada pela ação tencionada, pelos mecanismos estabelecidos para o seu controle e pelos valores dos seus agentes. Este tipo científico-tecnológico consegue reconciliar os dualismos cartesianos entre Ser e Pensar, e entre Práxis e Teoria, apontados por Horkheimer (1980) como característicos da Teoria Convencional – em oposição à Teoria Crítica – e que levaram à separação entre valor e ciência. Em consonância com a proposta de Horkheimer para a Teoria Crítica, o tipo científico-tecnológico crítico considera a sociedade como objeto de pesquisa, seu juízo teórico passa pela práxis social e por meio dela se desenvolve.

A formação em engenharia ainda não apresenta em seus currículos uma proposta que englobe uma visão de tipo crítico. O que se busca então é oferecer elementos que contribuam para uma análise mais ampla e socialmente engajada do processo de desenvolvimento de ciência e de tecnologia, rompendo com a falsa noção de neutralidade valorativa característica do determinismo ou do instrumentalismo e percebida na prática atual do engenheiro de produção. A inclusão desses elementos nas escolas de engenharia passa por algumas propostas pedagógicas que, se aplicadas, representariam um avanço em direção a uma prática crítica da engenharia.

3 ENGENHARIA E PENSAMENTO CRÍTICO

A primeira contribuição que sugerimos é uma retomada das categorias às quais a Teoria Crítica da Escola de Frankfurt se refere para desvendar a realidade. Faria (2007) aponta seis categorias analíticas para o pensamento crítico: contradições, ideologia dominante, racionalidades dominantes, contexto social histórico, emancipação e conscientização individual e coletiva. Para o autor, a contradição é um parâmetro intrínseco do real, ou seja, “os fatos se transformam”; a razão é turvada por ilusões ideológicas voltadas para o

aprisionamento dos indivíduos em compreensões fragmentadas da realidade; e racionalidades são impostas para manter, propagar e aprofundar estas visões partidas e conservar a distribuição de poder. Mas a análise de fatos sociais é ela mesma variável no tempo e a emancipação – ou seja, a autonomia do indivíduo e da sociedade para criar sua própria história – só é possível pelo esclarecimento, que “rompe os limites do conhecimento existente” e torna possível uma conscientização individual e coletiva. Para que o engenheiro de produção atue de maneira mais crítica é preciso que ele se mantenha permanentemente vigilante e atento a esses critérios.

A Teoria da Instrumentalização proposta por Feenberg (2010) também apresenta uma forma de análise interessante. O autor sugere que a tecnologia, enquanto instrumento, seja analisada em dois níveis. Primeiro, quanto à sua relação funcional original com a realidade, ou seja, de que maneira a solução técnica cumpre a tarefa para a qual foi projetada inicialmente. Para tanto, é preciso “desmundializar” a tecnologia, retirando-a de seu contexto social, para avaliá-la com base apenas nas suas propriedades utilitárias. No segundo nível, são considerados aspectos de design e implementação da tecnologia: os artefatos tecnológicos são reintegrados ao seu ambiente natural e social, em interação com outros sistemas e dispositivos pré-existentes. Feenberg argumenta que os desdobramentos atuais da tecnologia não consideram o segundo nível e costumam limitar-se a um julgamento pelo critério único da eficiência. Para o autor, cada etapa da cadeia de produção tecnológica precisa ser estudada em ambos os níveis, pois “não importa quão abstratos sejam os dispositivos identificados no primeiro nível, eles carregam conteúdos sociais para o segundo nível nas contingências elementares” (FEENBERG, 2010, p. 109).

Assim, é necessária uma concepção da técnica humana que articule melhor as tensões entre ciência, tecnologia e sociedade. O enfoque interdisciplinar dos estudos em ciência, tecnologia e sociedade (CTS), também conhecidos como estudos sociais da ciência e tecnologia, aparece como alternativa mais apropriada para uma requalificação do debate tecnológico. As características centrais dos estudos CTS consistem na inter-multi-transdisciplinaridade¹ de suas bases epistemológicas, sua orientação transformadora da sociedade e não reprodutiva dos valores hegemônicos, a negação da visão neutra da ciência e tecnologia, e a adoção de um modelo de produção antropocêntrico (e não tecnocêntrico). Bazzo (2002) indica duas tradições distintas, uma norte-americana e uma européia. No mundo anglo-saxão e em especial na América do Norte, os estudos CTS são conhecidos como *Science and Technology Studies* (STS). Suas reflexões são mais práticas e valorativas, marcadas por questões éticas e educacionais, e com ênfase nas consequências sociais e na tecnologia. Do outro lado do Atlântico, a linha europeia é composta por estudos mais teóricos e descritivos, marcados por questões sociológicas, psicológicas e antropológicas, com ênfase nos fatores sociais antecedentes e na ciência. Ambas as linhas concebem análises críticas das relações entre ciência, tecnologia e sociedade e entre progresso social e desenvolvimento tecnológico. Ambas também rompem com o paradigma do modelo linear do progresso, segundo o qual o desenvolvimento científico gera desenvolvimento tecnológico, que por sua

¹ Este conceito é desenvolvido rapidamente por Edgar Morin em seu livro *A cabeça bem feita: repensar a reforma, reformar o pensamento* (2008, Bertrand Brasil). É uma justaposição de termos para tentar dar conta da complexidade inerente a uma apreensão complexa do conhecimento humano, não restrita aos compartimentos disciplinares.

vez impulsiona o desenvolvimento econômico, o que resulta naturalmente em desenvolvimento ou bem-estar social. O novo paradigma proposto é o da tecnologia como produto social, objeto de “enfrentamentos tão distintos quanto os diferentes interesses socioculturais” (von LINSINGEN *et al.*, 1999).

A inserção do enfoque CTS nos currículos das escolas de engenharia seria uma contribuição significativa para a formação de um engenheiro crítico e para a abertura de um diálogo mais abrangente nas discussões sobre os caminhos da tecnologia. Existem diversas propostas para a aplicação dos estudos CTS nos currículos escolares (SANTOS E MORTIMER, 2002; BAZZO, 2002; von LINSINGEN, 2007; JACINSKI, 2009). Todas rejeitam uma simples inclusão de disciplinas das ciências humanas e pedem que se reconfigure a própria abordagem dos conceitos científicos e tecnológicos, trazendo à tona sua perspectiva histórica e sociocultural. Nesse sentido,

“o ensino de engenharia tem-se revelado um sistema profundamente internalista. Calcado em pressupostos que nascem, desenvolvem-se e referendam-se dentro dos limites de suas próprias fronteiras, qualquer sistema tende ou a estagnar ou a afastar-se das origens que lhe dão sustentação e em razão das quais existem. [...] Se são em linhas gerais suficientes para resolver os problemas do cotidiano de uma profissão, as bases conceituais e filosóficas de um sistema fechado normalmente não dão conta de elucidar satisfatoriamente os impasses que surgem quando tudo o mais em volta muda” (BAZZO *et al.*, 2008, p. 61).

Essa visão dicotômica entre “o sistema da engenharia” e as ciências humanas não pode permanecer, pois é prejudicial a ambos os campos do conhecimento. É preciso operar uma reconciliação entre as diferentes formações e indicar como estas se complementam e formam uma teia complexa de potencialidades sociais. Para Jacinski (2009), isso passa por um aprofundamento e uma intensificação das relações entre “quem produz ciência e tecnologia e quem trabalha na educação científica e tecnológica”. Santos e Mortimer (2001) afirmam que os cidadãos precisam desenvolver sua capacidade de julgar, a fim de participar de um debate público na busca de soluções de interesse coletivo. Os autores distinguem dois tipos de juízo: o crítico, referente à faculdade de julgar leis e princípios universais, como os direitos humanos; e o político, ligado ao julgamento para a tomada de decisão frente à uma situação particular. A educação destes juízos é, fundamentalmente, uma educação para a discussão. Associada a uma formação em valores éticos, tem-se a educação para a tomada de decisão socialmente responsável.

No campo da ciência e tecnologia, essa formação passa necessariamente por um letramento científico e tecnológico. Esse termo tem implicações diferentes para especialistas e não-especialistas. Seus objetivos gerais são de transmitir aos educandos a compreensão de como a ciência e a tecnologia influenciam-se mutuamente, torná-los capazes de usar o conhecimento científico e tecnológico na solução de seus problemas no dia-a-dia, e educá-los de maneira a tomarem decisões com responsabilidade social (SANTOS e SCHNETZLER, 1997). Hofstein, Aikenhead e Riquarts *apud* Santos e Mortimer (2001, p. 2) sugerem o desenvolvimento das seguintes habilidades e competências: “a auto-estima, comunicação escrita e oral, pensamento lógico e racional para solucionar problemas, tomada de decisão, aprendizado colaborativo/cooperativo, responsabilidade social, exercício da cidadania, flexibilidade cognitiva e interesse em atuar em questões sociais”.

Com a reinserção do contexto social nos tópicos da ciência e tecnologia, o próprio fazer tecnológico se modifica e se torna uma construção coletiva, motivada pelos interesses manifestados pelos mais variados grupos sociais. Dentro dessa perspectiva, a formação em engenharia deve apreciar uma nova prática: a tecnologia de interesse social. Essa prática difere do fazer tecnológico convencional por nascer diretamente do debate decorrente do conflito de interesses natural à sociedade, tal como ela se encontra estratificada atualmente. A

tecnologia de interesse social possui três características fundamentais. A primeira está ligada ao reconhecimento das especificidades do contexto socioambiental no qual ocorre o desenvolvimento de tecnologia. É impossível pensar em desenvolvimento de tecnologia hoje sem considerar suas circunstâncias de aplicação. Em segundo lugar, uma tecnologia de interesse social deve contemplar as necessidades daqueles que serão beneficiados por ela. Para tanto, é imprescindível um diálogo efetivo e um reconhecimento mútuo do valor e das diferenças entre os saberes representados pelos tecnocientistas e pelos usuários finais. Assim, a inclusão dos não-especialistas no processo de elaboração e implementação – não somente como consumidores finais – constitui a terceira característica das tecnologias de interesse social.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, a formação crítica do engenheiro só atinge seu potencial quando associada a uma prática contextualizada. É ao encontrar-se imerso na realidade que um engenheiro se dá conta das repercussões sociais de suas soluções técnicas. Por essa razão, atividades de projeto em disciplinas, grupos de extensão ou programas de iniciação científica, quando voltados para situações reais e para uma apreensão multifacetada da profissão da engenharia, complementam a formação do engenheiro rumo a uma prática crítica.

É imprescindível que o futuro engenheiro tenha contato com práticas socialmente contextualizadas durante sua formação, o que, tradicionalmente, não é o caso. A adoção de um enfoque CTS nos currículos, aliada a atividades como projetos de extensão e de iniciação científica, serve de base para uma primeira apreensão das dimensões reais da profissão do engenheiro para além de questões exclusivamente técnicas. A noção da tecnologia como fruto de uma negociação aberta entre as diferentes partes afetadas pela sua implantação vem ganhando importância com a crescente demanda por responsabilidade social e ambiental. Os engenheiros devem aprender a conceber a tecnologia não mais verticalmente, como uma solução a ser imposta, mas dentro de um debate democrático no qual os diversos interesses da sociedade encontram-se representados.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAZZO, W. A. A pertinência de abordagens CTS na educação tecnológica. **Revista Iberoamericana de Educação**, n. 28, jan/abr, pp. 83-99, 2002. Disponível em: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/800/80002804.pdf>. Acesso em 07/10/2009.

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

DAGNINO, R. Qual é o seu tipo científico-tecnológico? **Jornal da UNICAMP**, 2 a 8 de maio 2005, p. 2, 2005.

DWEK, M. **Perspectivas para a formação em Engenharia: o papel formador e integrador do engenheiro e o Engenheiro Educador**. 140p. Trabalho de Formatura (Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, 12/2008.

FARIA, José Henrique de. **Análise crítica das teorias e práticas organizacionais**. São Paulo: Atlas, 2007.

FEENBERG, A. **Critical theory of technology**. New York: Oxford University Press, 1991.

FEENBERG, A. Teoria Crítica da Tecnologia: um Panorama. In: Neder, Ricardo T. (org.), **Andrew Feenberg: racionalização democrática, poder e tecnologia**. Brasília:

Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina/Centro de Desenvolvimento Sustentável - CDS. Ciclo de Conferências Andrew Feenberg. série Cadernos Primeira Versão. A construção crítica da Tecnologia e Sustentabilidade, 2010. Vol. 1. Número 3.

FRAGA, L. S., **O curso de graduação da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP: uma análise a partir da educação em ciência, tecnologia e sociedade**. 86p. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 24/08/2007.

HOFSTEIN, A. et al. Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium. In: **International Journal of Science Education**. v.10, n.4, p.357-66, 1988.

HORKHEIMER, M. Teoria Tradicional e Teoria Crítica. In: **Textos Escolhidos**. Coleção "Os Pensadores". São Paulo: Abril Cultural, pp. 117-154, 1980.

JACINSKI, E. A perspectiva histórica e sócio-cultural das Ciências enquanto possibilidade de aproximação dialógica entre formação científica e humana na educação tecnológica. In: **Anais do I SINECT**. PPGECT/UTFPR, 2009.

OLIVEIRA, Agamenon R. E., 2007. **Os desafios atuais para a formação dos engenheiros brasileiros**. Cadernos FISENGE 3. Rio de Janeiro: Federação Interestadual de Sindicatos de Engenheiros.

SANTOS, W. L. P., MORTIMER, E. F. "Tomada de Decisão para Ação Social Responsável no Ensino de Ciências". **Ciência & Educação**, vol. 7 n°1, pp. 95-111, 2001.

SANTOS, W. L. P., MORTIMER, E. F. 2002. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. In: **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**. vol. 2 n°2, pp. 1-23.

SANTOS, W. L. P., SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. Ijuí: Editora da Unijuí, 1997.

von LINSINGEN, I. **O enfoque CTS e a educação tecnológica: origens, razões e convergências curriculares**. NEPET, UFSC, 2007. Disponível em <http://www.nepet.ufsc.br/Artigos/Texto/CTS%20e%20EducTec.pdf>. Acesso em: 19/12/2009.

von LINSINGEN, I., et al. Falando do conteúdo uma visão do NEPET. In: **Formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares, questões contemporâneas de educação tecnológica**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

TOWARDS A CRITICAL ENGINEERING EDUCATION

Abstract: *This article's objective is to analyze some of the possible interfaces between critical thought and engineering education. From a characterization of the scientific and technological typology of the undergraduate engineering courses, it is observed that technique is still perceived out of its context, alienated and dissociated from its social implications. We propose the resumption of the Frankfurt School's Critical Theory, Andrew Feenberg's Instrumentalization Theory, as well as the STS approach as means to reintegrate an apprehension of the complexity of the real world to engineering courses.*

Key-words: *Critical Theory, Education, Engineering, STS.*