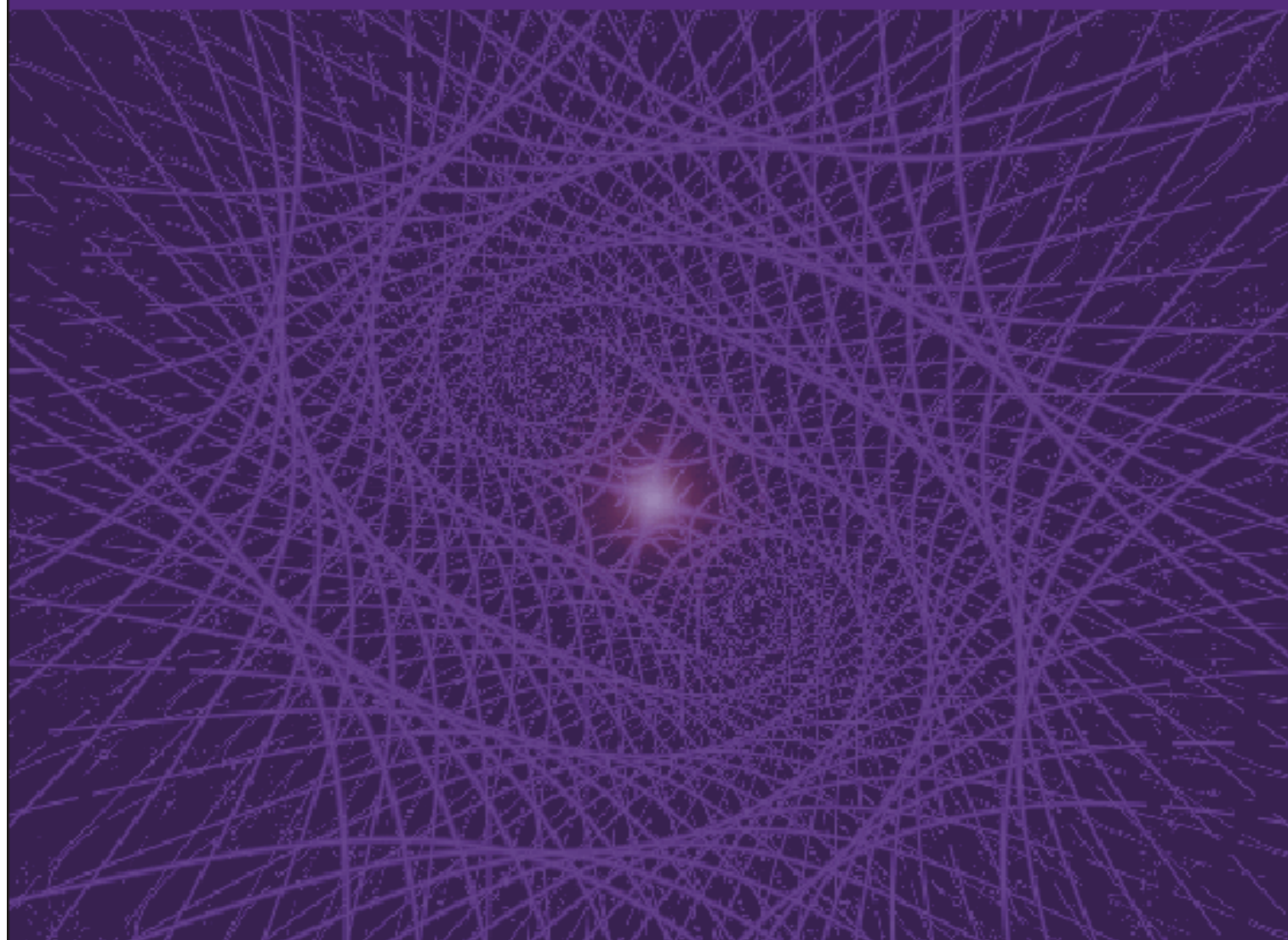


Marcos Azevedo da Silveira

A Formação do Engenheiro Inovador

Uma Visão Internacional



**A FORMAÇÃO DO
ENGENHEIRO
INOVADOR**
uma visão internacional

Marcos Azevedo da Silveira

2005

Copyright © 2005 by Marcos Azevedo da Silveira

O autor subscreve a licença para uso não comercial conforme a Atribuição-Uso Não-Comercial 2.0 da Creative Commons (texto completo em <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0>).

Segundo esta licença, partes do texto ou todo o texto podem ser copiados, reproduzidos e distribuídos, ou a partir dele criar obras derivadas, desde que:

- a) seja dado crédito ao autor original,
- b) a presente obra ou suas partes não sejam utilizadas para fins comerciais,
- c) para cada novo uso ou distribuição seja deixado claro para outros os termos da licença desta obra.

Qualquer uma dessas condições pode ser renunciada, desde que o autor conceda sua permissão. Qualquer direito de uso legítimo (*fair use*) concedido por lei, ou qualquer outro direito protegido pela legislação local, não são em hipótese alguma afetados pelo disposto acima.

Catálogo-na-fonte

S587 Silveira, Marcos Azevedo da
A formação do engenheiro inovador : uma visão internacional / Marcos Azevedo da Silveira. – Rio de Janeiro PUC-Rio, Sistema Maxwell, 2005.
141 p. : il.

ISBN

1. Formação do engenheiro. 2. Inovação. 3. Papel do engenheiro. I. Título.

CDD 620

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio
Sistema Maxwell - LAMBDA - PUC-RIO / DEE
[URL: http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br](http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br)
Rua Marquês de São Vicente, nº
Gávea - Rio de Janeiro, RJ

PREFÁCIO DO AUTOR

O conjunto de idéias apresentadas neste livro é fruto de um trabalho coletivo, produto de um grupo que há mais de dez anos vem discutindo o tema da formação do engenheiro no âmbito nacional e internacional. Fazem parte deste grupo interessado na formação do engenheiro inovador os colegas Célia Novaes, Christian R. Kelber, Isabel Paes e Silva, José A. Aranha, José A. Parise, Luís A. Meirelles, Luiz A. Pimenta-Bueno, Luiz Carlos Scavarda do Carmo, Manoel R. de Freitas, Mauro Schwanke da Silva, Sinval Zaidan Gama e Terezinha Costa. Os artigos que serviram de base à maior parte dos capítulos - e que lá estão extensivamente citados - atestam este caráter coletivo, só quebrado pelo fato de que o texto final é de minha responsabilidade - e daí seus exageros, lacunas ou falhas.

O livro não existiria sem o encorajamento e a amizade de Luiz Carlos Scavarda do Carmo e de José Alberto Parise. Em especial do último, que, como meu superior hierárquico, passou-me a missão de preparar o livro e foi o constante revisor e crítico ao longo de sua preparação, em muito enriquecendo o texto inicial. Para eles, meu especial agradecimento. E claro, meus agradecimentos e desculpas aos meus alunos de graduação, cobaias e críticos de meus experimentos didáticos.

Finalmente, meu carinho e admiração para minha esposa e companheira (e co-autora!), Marlise Araújo, com quem muito aprendo ao observar a metodologia didática que desenvolve junto ao Ensino Médio, no Colégio Pedro II, e com quem discuto continuamente as idéias que me assolam as meninges.

O livro foi construído a partir do amálgama de um conjunto de artigos redigidos a partir de 1998, retranscritos aqui sob uma conceituação ainda em desenvolvimento. Creio que este é o momento de coligar estas idéias em um único texto, considerando as solicitações e consultas que tenho recebido nos últimos tempos. E expô-las à crítica de forma unificada - etapa essencial a seu crescimento (ou rejeição...). Apesar de alguns títulos grandiloquentes e passagens irônicas, próprios ao meu estilo voltado para a polêmica, o texto mais problematiza e aponta direções para exploração que indica soluções para os problemas da construção de currículos de engenharia e da formação de engenheiros inovadores. Mesmo porque não acredito em soluções prontas neste contexto - cada instituição deve procurar seu próprio caminho, de acordo com sua vocação e seus interesses.

Foram utilizados exaustivamente os casos de estudo da PUC-Rio, das Écoles Centrales francesas e da Aalborg University (Dinamarca). Não apenas porque o autor os conhece bem, mas também porque se prestam perfeitamente à discussão levantada neste livro. Mais exemplos iriam afogar o leitor em uma grande quantidade de currículos utilizados por diferentes escolas, cada um deles exigindo novas definições e a apresentação de um conjunto de regras maçantes.

A organização do livro alterna capítulos onde os problemas são colocados com capítulos onde os conceitos fundamentais são trabalhados (aparecendo aí o *habitus* acadêmico do autor), entremeados de seções que apresentam casos reais indicando possíveis caminhos. Uma sugestão é, em primeira leitura, ler pelo alto as seções mais acadêmicas, deixando sua abordagem para quando for necessário, se tal ocorrer algum dia.

Rio de Janeiro, abril de 2005

SUMÁRIO

Contra Capa	i
Prefácio de José A. R. Parise	ii
Prefácio do Autor	iii
Sumário	iv
Lista de siglas utilizadas	vi
I. O PAPEL DO ENGENHEIRO E SUA FORMAÇÃO	1
I.1. Mudanças no campo de atuação do engenheiro	3
I.2. Funções, perfis de formação e papéis do engenheiro	6
O modelo francês	8
O modelo alemão	10
O modelo anglo-saxão	11
O caso brasileiro	16
Uma mudança estratégica nas Américas	19
I.3. Acordos internacionais e o problema da certificação	22
I.4. A construção do currículo de engenharia	26
II. UM QUADRO CONCEITAL PARA A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO	28
II.1. Alguns conceitos fundamentais	29
Competências	29
Saberes, conhecimentos, <i>savoir-faire</i>	31
Habilidade	32
Aptidão, atitude, etc.	33
Voltando às competências	34
Currículo	34
II.2. Um quadro teórico descrevendo as atividades de engenharia	38
II.3. O perfil de formação	44
II.4. A estrutura curricular de um curso de engenharia	48
II.5. Exemplos	52
III. A ESCOLHA DOS PERFIS DE FORMAÇÃO	57
III.1. Ponto de vista do mercado de trabalho	58
Uma observação final	66
III.2. Ponto de vista da sociedade	68
III.3. Ponto de vista da academia	71
III.4. Ponto de vista do aluno	75
Apêndice III. Diretrizes curriculares e perfis de formação citados	79
Lista de competências (<i>skills</i>) da ABET	79
Listas de competências industriais e alguns comentários	79

Lista de recomendações curriculares da ABENGE	81
Diretrizes curriculares nacionais para os cursos de engenharia	83
IV. EDUCAÇÃO PARA A INOVAÇÃO	87
IV.1. A engenharia e as cadeias produtivas	87
A engenharia hoje	89
Os países em desenvolvimento	91
IV.2. Algumas definições referentes à educação e à política de inovações	91
Cadeias produtivas e inovações	91
Modos de financiamento	94
IV.3. Educação para a inovação	95
Mudanças estruturais e de paradigma	98
IV.4. A formação do engenheiro empreendedor: uma nova estrutura universitária	99
O engenheiro empreendedor com base científica	100
Desenvolvendo engenheiros empreendedores em universidades	100
Gerenciando a mudança cultural da instituição	101
Como mover a universidade	107
As meta-estruturas de organização e contato	108
V. CURRÍCULOS PARA ENGENHEIROS INOVADORES	111
V.1. Uma discussão aberta	113
V.2. Disciplinas de projeto	116
V.3. Currículos em torno de projetos	122
V.4. Um modelo radical: o tempo do projeto	128
V.5. O tempo e o espaço do aprendizado	130
Apêndice V.1. Avaliação de projetos na EC-Lille	133
Apêndice V.2. A formação cultural e humanística	133
EPÍLOGO	135

Lista de siglas utilizadas

ABENGE - Associação Brasileira de Ensino de Engenharia	et sur les emplois d'encadrement (França)
ABET - Accreditation Board of Engineering and Technology	CRITT - Centre Regional de Intégration Technique et Technologique (França)
ASEE - American Society for Engineering Education	CTC - Centro Técnico Científico (da PUC-Rio)
ASIBEI - Asociación Iberoamericana para Enseñanza de Ingeniería	DUT - Diplôme Universitaire Technologique
ASME - American Society of Mechanical Engineering	Ecs - Ecoles Centrales
BNDE - Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico	EC-Nantes - École Centrale de Nantes
BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social	EC-Lille - École Centrale de Lille
CALTEC - California Institut of Technology	EC-Lyon - École Centrale de Lyon
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (órgão do MEC)	EC-Paris - École Centrale de Paris
CCS - Centro de Ciências Sociais (da PUC-Rio)	ECTS - European Credit Time System (sistema europeu de créditos universitários)
CEFETs - Centros Federais de Ensino Tecnológico	EDF - Electricité et Gaz de France
CELPE - Companhia Elétrica de Pernambuco	EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
CENPES - Centro de Pesquisa (da PETROBRAS)	ENSAM - École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers
CEPEL - Centro de Pesquisa em Eletricidade (da ELETROBRAS)	ESC-Lille - École Supérieure de Commerce de Lille
CERJ - Companhia de Eletricidade do Rio de Janeiro	ESG - Escola Superior de Guerra
CFE - Conselho Federal de Educação	EST - École Supérieure de Télécommunications
CNE - Conselho Nacional de Educação	Fac - Faculté (gíria francesa)
CNPq - Conselho Nacional de Pesquisa	FAPERJ - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro
CNRS - Conseil National de Recherche Scientifique (França)	FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
COBENGES - Congressos Brasileiros de Ensino de Engenharia	FEANI - Fédération Européenne d'Associations Nationales d'Ingénieurs
CONFEA - Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia	FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
COPPE - Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia (da UFRJ)	FIRJAN - Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
CR - coeficiente de rendimento (média ponderada das notas de alunos de graduação)	FFT - Fast Fourier Transform
CREAs - Conselhos Regionais de Engenharia e Arquitetura	FHC - Fernando Henrique Cardosos
CEFI - Centre de ressources et de prospective sur les grandes écoles d'ingénieurs et de gestion,	FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos (do MCT)
	ICECEs - International Conferences on Engineering and Computer Education
	ICEEs - International Conferences on Engineering Education
	IEEE - Institut of Electrical and Eletronic Engineers
	IME - Instituto Militar de Engenharia

INEER - International Network for Engineering & Education Research	RECOPE - Redes Cooperativas de Engenharia (sub-programa do PRODENGE)
INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial	REENGE - Rengenharia da Engenharia (sub-programa do PRODENGE)
INT - Instituto Nacional de Tecnologia	SAE - Society of Automotive Engineers
IRCCyN - Institut de Recherche en Communication et Cybernétique de Nantes	SEBRAE - Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
IASEE - Ibero-American Seminar on Engineering Education	SEFI - Service de l'Emploi, de la Formation et de l'Insertion Professionnelles (França)
ITA - Instituto Tecnológico da Aeronáutica	SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
IUT - Institut Universitaire Technologique	SESU - Secretaria de Ensino Superior (MEC)
LATTES - Currículo informatizado para pesquisadores organizado pelo CNPq	SUCCED - Southeastern University and College Coalition for Engineering Education
MBA - Master in Business and Administration	TecGraf - Laboratório do Departamento de Informática da PUC-Rio
MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia	TFC - trabalho de fim de curso
MEC - Ministério da Educação	TIMSS - Trends in Mathematical and Sciences Study
MIT - Massachusetts Institut of Technology	UEALC - Espaço comum de ensino superior para a União Européia e a América Latina
MSc - Master of Science	UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro
NSF - National Science Foundation (EUA)	UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais
OGM - organismo geneticamente modificado	UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul
OMC - Organização Mundial do Comércio	UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro
ONU - Organização das Nações Unidas	UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
PADCT - Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (MCT)	UMIST - University of Manchester (RU)
PhD - Doctor in Philosophy	UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas
PID - controlador Proporcional + Integral + Derivativo	UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá (antiga EFEI)
PISA - Program for International Student Assessment (OECD - Organization for Economic Co-operation and Development)	UNIMEP - Universidade Metodista de Piracicaba
PPP - projeto político-pedagógico	UNIP - Universidade Paulista
PRODENGE - Programa de Desenvolvimento da Engenharia (FINEP)	UNISINOS - Universidade do Vale dos Sinos
PUCMG - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais	UNIVAP - Universidade do Vale do Paraíba
PUC-Rio - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro	USP - Universidade de São Paulo
PUCRS - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul	VBA - Verbund behinderter ArbeitgeberInnen (Associação Alemã de Trabalhadores).

Capítulo I

O PAPEL DO ENGENHEIRO E SUA FORMAÇÃO

O contexto social e econômico onde os engenheiros atuam mudou radicalmente desde a criação dos cursos destinados à sua formação, no final do século XVIII, mudança que se acelerou nos últimos decênios do século XX. Novas tecnologias, como a pesquisa operacional, a informática, as telecomunicações e as biotecnologias, não só deram origem a novas ferramentas, exigindo uma formação complementar, mas alteraram profundamente os processos de trabalho e suas representações. Novas questões passaram a afetar esta atuação, como as relacionadas aos impactos ambientais e sociais das atividades produtivas, criando novos problemas e novas áreas de trabalho – e novas regulamentações a serem consideradas (ou construídas). O mercado de trabalho estendeu-se para o setor de serviços – seja porque este foi trazido para dentro do planejamento da produção pela busca da "qualidade total", pelo uso intensivo das redes de telecomunicação e da informática e pela modularização e terceirização de parte dos sistemas de gerenciamento e produção, seja porque os serviços em geral estão cada vez mais dependentes da capacidade de formalização e organização próprias à engenharia.

Estas mudanças tem levado ao aparecimento de novos cursos, habilitações, modalidades e especializações, além da necessidade de contínua adaptação dos cursos já existentes – e que não pode ser atendida apenas pela criação de cursos de pós-graduação. As questões que devem ser colocadas – e respondidas – diante da criação ou mudança de cursos de engenharia, passaram a ser repetidas ou recolocadas com enorme freqüência, exigindo o desenvolvimento de uma metodologia mais sistemática para sua abordagem.

Quais os perfis de formação melhor indicados para a situação atual? Como escolhê-los, diante das diferentes visões de futuro encontradas na academia e na sociedade, representando os mais diversos interesses? Como considerar a situação local de cada escola e as mutações do mercado de trabalho? Como desenvolver currículos e estratégias didáticas frente às novas necessidades e aos novos e variados perfis de formação? Dado que a capacidade de produzir inovações tecnológicas e transformá-las em produtos tornou-se um dos principais ativos econômicos, como preparar os engenheiros para esta nova missão, levando em consideração – inclusive – o projeto de país e a situação nacional? Como avaliar os resultados obtidos e informar à sociedade o que está, de fato, lhe sendo oferecido?

A relevância atual destas questões gerou o aumento de sua discussão nacional e internacional. Várias sociedades e organizações foram criadas em torno destes temas (ABENGE, ASIBEI, SEFI, ASEE, INEER, ABET, etc.), promovendo um grande número de conferências (Congressos Brasileiros de Ensino de Engenharia – COBENGE, os enormes congressos da ASEE, e as International Conferences on Engineering Education - ICEE, e.g.), além de programas governamentais especialmente dedicados (Engineering Education Coalitions/ NSF/EEUU e PRODENGE/REENGE, e.g.). Diversos acordos internacionais têm sido firmados buscando a criação de áreas comuns de formação (mobilidade de estudantes), ou visando o reconhecimento ou credenciamento de títulos, como as Declarações do Rio de Janeiro (1999) e de Paris (2000) criando a UEALC (espaço comum de ensino superior para a União Européia, América Latina e Caribe), a Declaração de Bologna (1999) criando o espaço comum europeu para a educação em engenharia, e os Acordos de Washington (1989) e de Sidney (2001) criando o espaço comum em educação em engenharia para os países de língua inglesa.

Estas questões tornam-se especialmente incômodas quando percebemos a distância entre os diferentes perfis de formação propostos pela academia, pelos organismos encarregados do registro de profissionais, e pelos órgãos que credenciam e avaliam as escolas de engenharia, sem deixar de mencionar as expectativas no mercado de trabalho¹. Pensamos tanto nos perfis explicitamente propostos como nos definidos implicitamente a partir das sistemáticas de avaliação, como ocorreu com o Exame Nacional de Cursos brasileiro, vulgo "Provão"².

Estas questões são essenciais para nosso país devido à sua dependência tecnológica, em uma sociedade internacional onde a inovação tecnológica é um dos principais trunfos econômicos e políticos – questão ainda pouco considerada na formação dos engenheiros brasileiros e em discussão ainda inconclusa no Congresso Nacional.

Estas questões tornam-se prementes se considerarmos a atual pressão da Organização Mundial do Comércio (OMC) no sentido de tornar mais flexível a regulamentação de acesso aos mercados nacionais de educação, com propostas explícitas por parte do Banco Mundial, dos EEUU, da Austrália e do Japão.

Estas questões possuem relevância técnica, como os especialistas na área de educação não cansam de assinalar³, porque entre um perfil de formação desejado (com suas listas de competências), o currículo planejado e o currículo real, há distâncias tanto maiores quanto maior a esperança de que elas ocorram por mudanças espontâneas de atitude das escolas e de seus professores.

Em uma conhecida *boutade*⁴, um aluno pergunta a seu professor como pode ser mudado o currículo do curso de engenharia. Este responde que há duas formas, a normal e a milagrosa. O aluno pergunta pela forma normal. O professor lhe responde que é aquela em que um anjo desce ao Conselho Universitário e entrega um currículo novo. Naturalmente espantado, o aluno pergunta qual é, então, a forma milagrosa. Resposta: o Conselho Universitário encomendar pesquisas, discutir com os professores os seus resultados, os objetivos da universidade, os meios e as possibilidades, e então organizar e promulgar o novo currículo.

Adiantando uma das críticas a esta *boutade*, cabe lembrar que mudanças em currículos não são realizadas de forma completa em um instante determinado. São realizadas ao longo de todo um demorado processo, começando pela escolha de uma visão de futuro, de um perfil de formação, passando pela elaboração, experimentação e avaliação de novos currículos, novas estratégias e novas metodologias, até a implantação incremental (e sempre experimental, isto é, sujeita a revisões) dos novos objetivos e métodos assim delineados.

Neste trabalho pretendemos fornecer subsídios para enfrentar algumas das questões colocadas acima. Começaremos comentando as mudanças sócio-econômicas que afetam atualmente a atividade do engenheiro. Depois investigaremos rapidamente os diferentes perfis de formação e os papéis exercidos ou propostos para engenheiros, em especial no Brasil. O que permitirá criticar as diferentes definições de engenharia encontradas na literatura e os perfis de formação para engenheiros propostos para o início deste século.

¹ Temas desenvolvidos em trabalhos recentes, como Sinval Z. Gama, O perfil de formação do engenheiro elétrico para o século XXI, *Tese de Doutorado*, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, PUC-Rio, 2002.

² O perfil exigido pelo "Provão" pode ser descrito como a capacidade de resolver problemas típicos do conteúdo acadêmico de uma determinada habilitação da engenharia em provas escritas de 4 horas, o que limita os problemas a um conjunto básico ou paradigmático, pré-estabelecido, sem que seja possível o exercício da criatividade e das atitudes próprias a um engenheiro.

³ Ver Ph. Perrenoud, La transposition didactique à partir de pratiques: des savoirs aux compétences, in *Revue des sciences de l'éducation* (Montréal), Vol XXIV, n. 3, 1998, pp. 487-514 (acessível no site do autor), ou Ph. Perrenoud, Paquay, Altet e Charlier, *Formando professores profissionais. Quais estratégias? Quais competências?* Porto Alegre, RS: ARTMED Ed.

⁴ Citada na Conferência Anual da ASEE de 1993 (1993 ASEE Annual Conference Proceedings).

Ilustrados por estas críticas, poderemos problematizar a questão de onde e como obter informações para desenvolver currículos de engenharia e discutir algumas das dificuldades a serem consideradas, incluindo aí a questão dos valores que presidem a construção de um currículo. O referencial teórico será apresentado no próximo capítulo.

I.1. Mudanças no campo de atuação dos engenheiros

Um exemplo interessante de mudança no campo de atuação é dado pelos engenheiros eletricitas, especialistas em sistemas de potência. No passado recente (há 20 anos) exigia-se que estes engenheiros fossem apenas competentes em projetar e gerenciar sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Outras características, como liderança ou competência administrativa, eram apenas mencionadas como desejáveis, não como determinantes. Temas como previsão da demanda de energia elétrica, projeto de construção de novas usinas ou de novas linhas de transmissão, ou ainda a determinação dos fluxos de potência, eram da alçada puramente técnica destes engenheiros, no máximo dividindo a discussão com engenheiros civis (no caso da construção de barragens, por exemplo) ou economistas (para tratar de financiamentos). A competência e a responsabilidade exigidas eram essencialmente técnicas.

Hoje em dia, a construção de uma barragem pode ser adiada por anos (ou mesmo impedida) por razões ambientais, acionadas pelas muitas ONGs dedicadas ao assunto. Por esta razões, deve ser cotejada com a possibilidade do uso de fontes alternativas de energia. Da equipe de projeto devem fazer parte engenheiros eletricitas, engenheiros civis, advogados, economistas, geólogos, geógrafos e sociólogos, pois a nova usina deve ser projetada a partir de uma clara visão histórico/social, considerando seus impactos ambientais, sociais e políticos, além dos legais e econômicos. Como declarou o Diretor Técnico da ELETRONUCLEAR em alocução recente na PUC-Rio, uma nova usina nuclear deve começar a ser discutida a partir das conveniências econômicas, políticas e ambientais, para só então, e em função delas, passar à discussão técnica. Porém, como separar os diferentes domínios de discussão se as possibilidades técnicas afetam as decisões econômicas, políticas e ambientais, e vice-versa?

O equipamento elétrico atual deve ser substituído (trazendo a qualidade da energia fornecida aos padrões exigidos pelas agências reguladoras) ou mantido (o que implica em políticas pesadas de manutenção e maior risco de multas por parte das mesmas agências)? Se uma nova tecnologia for esperada para os próximos cinco anos, a segunda opção pode ser a melhor: equipamentos elétricos costumam ter vida útil de trinta anos, e, se a nova tecnologia trouxer ganhos compensadores em pouco tempo, vale a pena esperar. A análise de custo/benefício da substituição de equipamentos imbrica fortemente as competências científicas (prever as novas tecnologias), técnicas, econômicas e legais (a regulamentação do setor é extremamente complexa).

Os engenheiros trabalhando com temas técnicos, mas não envolvidos em manutenção ou compra de equipamento, costumam estar às voltas com integração, desenvolvimento ou análise de "sistemas". A palavra é muito genérica, mas descreve um mundo muito preciso no seio de uma empresa: como as informações sobre a operação (técnica e comercial) são recolhidas, analisadas, trocadas, relacionadas, integradas, e postas a serviço da tomada de decisões. Todos trabalham sobre computadores, usando e adaptando programas, mas pensando profundamente sobre as atividades da empresa e de como torná-las mais eficientes, evitando perdas, integrando operações, mudando a logística da operação e da troca de dados e informações.

Neste campo aparecem os maiores ganhos de produtividade no final do século XX – constitui o cerne da "sociedade da informação", freqüentemente

confundida com a influência da computação e das telecomunicações⁵. "Call-centers", despacho de energia de sistemas interligados, sistemas de comutação e centrais (automatizadas) de controle são exemplos destes "sistemas" interligados no centro das discussões e do trabalho dos engenheiros. Embora as redes de informações (viva a Internet e as telecomunicações rápidas e baratas!) alterem a ordem de grandeza dos ganhos de produtividade, a essência dos processos está em novos modelos organizacionais, novas formas de exposição e apresentação, novos algoritmos de processamento de dados e de cálculo matemático, e uma compreensão mais profunda do fenômeno logístico.

Uma visita a FURNAS, à LIGHT ou ao OMS mostrará rapidamente que os lucros ou perdas estão essencialmente relacionados ao uso de programas tão abstrusos quanto o Wave (aplicação de programação matemática) ou a estratégias racionais e sistemáticas discutidas nas diversas equipes que formam estas empresas – e, em grande parte, desenvolvidas no CEPEL ou nas universidades. Porém as escolas de engenharia não tratam destes assuntos, limitando-se aos fundamentos técnicos de cada especialidade.

Continuando o exemplo, a descoberta de novos "produtos" (tipos de energia e novas formas de distribuição e de tarifação) destinados a ocupar novos nichos de mercado passou a ser muito importante para a saúde financeira das empresas e no interesse do consumidor. No ambiente estatizado da década de 70 a decisão político-econômica era centralizada e monolítica, sendo considerado mais importante garantir a oferta de energia a qualquer custo que diminuir o seu preço para o consumidor final (embora este fosse fortemente subsidiado para a indústria) ou ainda adaptá-la a necessidades particulares. Hoje, novas questões envolvendo a segurança e a qualidade do fornecimento de energia elétrica, o lucro ou o prejuízo das empresas, e o custo e o preço da energia, mobilizam empresas, agências reguladoras, o governo e o público em geral – mesmo que os novos modelos gerenciais do setor ainda não estejam estabelecidos (com a possível exceção da Grã-Bretanha) e que a formação atual dos engenheiros delas encarregados não contemple estes temas.

Decisões econômicas deste tipo exigem a escolha de uma visão de futuro (que não é e não precisa ser uniforme entre empresas e/ou governos), a posse de uma boa visão de mercado, além de uma profunda compreensão das questões técnicas subjacentes. Não são decisões para economistas ou administradores, considerando sua formação habitual. A não ser que tenham tido previamente a necessária formação técnica: a de engenheiro eletricista. Por outro lado, engenheiros eletricistas não costumam possuir a visão de mercado ou a formação administrativa necessária. Este último comentário explica, em parte, a procura de MBAs por parte dos engenheiros do setor elétrico⁶, como forma de complementar sua formação.

Outras características tem sido assinaladas pelas gerências de recursos humanos das empresas do setor elétrico⁷, mesmo antes dos recentes escândalos no mercado energético norte-americano: comportamento ético, capacidade de trabalhar em equipe e experiência internacional, por exemplo.

Já neste exemplo, explorado rapidamente, podemos ver um conjunto de mudanças tecnológicas, organizacionais, econômicas e culturais alterando o campo de atuação do engenheiro. Uma rápida pesquisa na literatura permite

⁵ Que são condições necessárias mas não suficientemente para o aumento da produtividade.

⁶ Sinval Z. Gama, O perfil de formação do engenheiro elétrico para o século XXI, *Tese de Doutorado*, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, PUC-Rio, 2002.

⁷ Ver as especificações para candidatos a empregos na Light S. A. e na Iberdrola do Brasil, por exemplo, ou os resultados da pesquisa realizada para a USP e a FIESP, em 1998, comentados em Maria C. Moraes, O perfil do engenheiro dos novos tempos e as novas pautas educacionais, in Irlan von Lisingen, Luiz T. do V. Pereira, Carla G. Cabral e Walter A. Bazzo (organizadores), *Formação do Engenheiro*, Florianópolis, SC: Editora da UFSC, 1999, pp. 53 – 66. Ou, internacionalmente, a palestra de Luane Morell na Industry Round Table (Relatório da Força Tarefa D), apresentando os requisitos de algumas das principais indústrias norte-americanas, em <http://www.univap.br/iasee2003>.

organizar uma lista de mudanças um pouco mais abrangente, preenche de contradições e conflitos.

1. O fim da "guerra fria", com a queda do muro de Berlin, diminuindo o incentivo à invenção científica geradora de prestígio ou associada ao poderio militar (donde à ciência básica, à física nuclear e aos programas espaciais), privilegiando a busca de inovações e de novos produtos comercializáveis, e alterando a distribuição de poder – o que levou à tentativa de impor a hegemonia da "lógica de mercado", apresentada como pensamento único (o modelo neo-liberal), de forma a ampliar e fixar o poder econômico das potências dominantes.
 - Conseqüências: desregulamentação, onda de privatizações, abertura de mercados segundo a lógica da OMC, crescente importância do mercado financeiro, maior competição nacional e internacional, maior insegurança (própria à alta volatilidade dos mercados financeiros) – donde maior necessidade de considerar o risco e de trabalhar com e sob suas conseqüências, etc.
2. Nova divisão internacional do trabalho com empresas multi-nacionais passando a supra-nacionais e mudando de lugar seus centros de produção de acordo com as vicissitudes políticas.
3. Novas tecnologias: aumento da rapidez das telecomunicações e da capacidade de transmitir massas de dados em pouco tempo, informática, redes de comunicações (inclusive a Internet), nanotecnologias (com a conseqüente miniaturização e barateamento de equipamentos), biotecnologias (cujo impacto só começa a se fazer sentir), bio-nanotecnologias, etc.
 - Conseqüências: alteração dos processos de trabalho – entra aí toda a "engenharia de sistemas", centro das atividades do engenheiro moderno - e das pautas comerciais, alteração das técnicas mais viáveis, novos produtos baseados em inovações, compressão dos preços das matérias primas e dos insumos industrializados básicos contra maior valor adicionado associado às novas tecnologias, etc.
4. Exacerbação da busca do aumento de produtividade – uma das preocupações tradicionais dos engenheiros.
 - Conseqüências: aumento da padronização e modularização dos produtos e dos processos de trabalho, levando à terceirização e à alteração da organização industrial, concomitantes com maiores esforços na compactação dos processos de trabalho⁸; automação de processos de fabricação e projeto, diminuição da necessidade de engenheiros (e operários) operando junto às máquinas e ao "chão de fábrica". Necessidade de uma maior quantidade de cabeças trabalhando em torno da integração das operações e dos sistemas que as controlam e regulam. Divisão dos trabalhadores entre os empregados permanentes e os temporários ou "terceirizados" em função das novas atividades exigindo alta formação, mas secundárias em relação aos objetivos da empresa.
5. Surgimento da "sociedade de serviços" ou "sociedade pós-industrial", onde a maior parte das atividades e dos postos de trabalho encontra-se junto ao cliente e voltada para satisfazer seus interesses⁹.

⁸ Heitor M. Caulliraux, *Estratégias de produção e automação: Formulação e análise, Tese de Doutorado*, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, PUC-Rio, 1990; e Luiz A. Meirelles, *Miniaturização e Redução da Necessidade de Trabalho, Tese de Doutorado*, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, PUC-Rio, 1991.

⁹ Marcos A. da Silveira, Luiz A. Meirelles e Maria I. Paes e Silva, *Notas sobre o curso de engenharia, in Nova Visão dos Cursos de Engenharia e suas Implicações na Universidade Moderna: uma Proposta da PUC-Rio*, Relatório Interno do Decanato do CTC, PUC-Rio, 1995; e Luiz C. Scavarda do Carmo, J. A. Pimenta-Bueno, J. A. Aranha, Therezinha S. Costa, José A. dos R. Parise, Maria A. M. Davidovich, Marcos A. da Silveira, *The Entrepreneurial Engineer - A New Paradigm for the Reform of Engineering Education, Proceedings of the ICEE97*, vol. I, 398-408, Southern Illinois Un. at Carbondale, USA, 1997, e suas listas de referências.

6. Consciência pública das limitações energéticas e dos problemas ecológicos, que pode ser datada da crise do petróleo, em 1973, e das primeiras catástrofes ecológicas com grandes navios petroleiros (Exxon-Valdez e Amoco-Cadiz), dos acidentes de Chernobil e de Three Mile Islands, e das questões ligadas à destruição da camada de ozônio e ao efeito estufa.
 - Consequências: busca de novas formas de energia, aparecimento da questão da reciclagem de materiais, regulamentações ecológicas, exigência de estudos de impacto ambiental, movimentos ecológicos não-governamentais ativos e influentes, nascimento da indústria de remediação ambiental, etc.
7. Maior exigência quanto aos direitos do consumidor.
 - Consequências: princípios de qualidade total, maior controle por parte de órgãos e agências reguladoras, popularidade dos sistemas de certificação, códigos de defesa do consumidor gerando grande movimentação jurídica, novas exigências em torno da "*political correctness*".

Esta mudanças, levando à ampliação do escopo da atuação do engenheiro e à alteração da sua forma de atuação, aparecem nas definições utilizadas para "engenharia". Do texto comum em torno de 1970, "profissional competente para projetar, implementar e gerenciar processos de transformação de materiais", o que exclui serviços que não tenham como objeto imediato materiais e máquinas, passou-se pelos conceitos de "*problem solver*" e de "*designer*" (de base tecnológica, bem entendido), chegando a um "profissional competente para projetar, implementar e gerenciar intervenções em práticas sociais de base tecnológica, considerando seus impactos ambientais, econômicos e sociais". Esta última definição, mais abrangente e referida à sociedade e à cultura onde o engenheiro está imerso, aparece em um dos textos que serviu de base ao Programa REENGE¹⁰. Voltaremos a este assunto mais adiante, depois de revisar funções, perfis de formação e papéis sociais propostos para engenheiros, e observar a multiplicidade de propostas existentes (internacionalmente) para a formação de engenheiros.

I.2. Funções, perfis de formação e papéis do engenheiro

Primeiro, revisaremos rapidamente as funções a serem exercidas por engenheiros dentro da representação tradicional da profissão, organizando a terminologia para a apresentação dos seus perfis de formação e papéis sociais. Fugiremos às nomenclaturas tradicionais (encontrada nas publicações das corporações de engenheiros) para evitar confundir "função", "cargo" e "papel social".

Tradicionalmente, espera-se que o engenheiro recém-formado exerça uma função técnica de execução na empresa sob o controle de um engenheiro experiente, como formação complementar. Tendo sucesso, passa a "chefe de equipe técnica" encarregada de tarefas de produção ou de manutenção, ou a de "gerente de estoque", estas duas funções também citadas como "engenheiro de obra" ou "engenheiro de chão-de-fábrica". Outra possibilidade, mais rara, é passar a "projetista" dentro de uma equipe especializada. Em ambos os casos o engenheiro utiliza a linguagem das plantas, diagramas técnicos, planilhas e tabelas de especificação (de produtos, de processos, de operações)¹¹. Muito poucos ocupam a função de "projetista" em níveis mais altos, até chegar a dirigir equipes ou empresas especialmente dedicadas. A maioria dos engenheiros passa a "gerente técnico", encarregado de comandar as equipes técnicas, traçar as grandes linhas de projetos, tomar decisões sobre compras ou vendas. Nesta

¹⁰ da Silveira et al., 1995, *op. cit.*

¹¹ Em contraste com a linguagem de fórmulas usadas pelos matemáticos, físicos e químicos, ou dos mapas, relatórios e monografias comuns em outras áreas tecnológicas (geologia, psicologia, direito, por exemplo), e mais ainda com os produtos finais de designers e comunicadores sociais.

função o engenheiro ainda usa a linguagem das plantas, embora ocupe o seu tempo com estudos, relatórios e contratos. Finalmente, o engenheiro, tendo sucesso, passa à função de "administrador técnico" (e, depois, à de "administrador", simplesmente), tendo que tomar decisões políticas técnicas e financeiras, administrar recursos humanos e relacionar-se com o público. A atividade, neste caso, passa pela direção de reuniões de técnicos e assessores, pela preparação de memorandos e contratos e pelas negociações empresariais (dentro da empresa ou com seus clientes).

No entanto, sob o denominação de "função técnica" aparecem ocupações não contempladas nas escolas de engenharia. Depois de um período circulando pela empresa (trainees) ou participando de cursos internos de formação¹², grande parte dos engenheiros passam a trabalhar em vendas, atendimento aos clientes ou a analisar, desenvolver e integrar sistemas. Nestas atividades utilizam seriamente o conhecimento técnico próprio à profissão, e também toda uma gama de conhecimentos e capacidades associados atualmente à função "engenheiro", porém desconsiderados pelas escolas.

Dodridge¹³, por exemplo, afirma que 70% dos engenheiros britânicos trabalham fora de sua especialidade técnica, o que explica o "desemprego" dos engenheiros alardeado pelas corporações profissionais. Uma pesquisa do SENAI realizada no Brasil na década de 70 já mostrava um percentual semelhante para os engenheiros trabalhando na rede ferroviária: 67% não ocupavam as funções técnicas associadas ao papel social esperado na sociedade brasileira na época, necessitando de uma formação diferente daquela ministrada então nas escolas de engenharia, embora ainda vinculada à engenharia.

Completando este quadro, cabe citar a minoria dos profissionais que são contratados como "pesquisadores" em centros de pesquisa, empresas de consultoria, escolas de engenharia e universidades, dedicados ao desenvolvimento de estudos e produtos ou à ciência da engenharia. Mas não esquecer que engenheiros exercem a função de "professor" ou de "treinador" também nas empresas – são responsáveis pelos cursos internos e pelo treinamento de suas equipes.

Novas funções apareceram como consequência das mudanças apontadas acima. Elas giram em torno da capacidade que tem o engenheiro bem formado de enfrentar problemas pensando com clareza e considerando as possibilidades e os limites técnicos. Uma ilustração interessante e mordaz é o personagem Dilbert, da história em quadrinhos de mesmo nome que é publicada nos jornais¹⁴. Ali, o engenheiro é o único personagem cuja inteligência está voltada ao sucesso da operação da empresa, e que consegue fazer análises fundamentadas de possibilidades - ou impossibilidades, situação preferida pelo autor da tira. É como se, ao perguntarmos onde está a inteligência de um processo produtivo, fôssemos sempre encontrá-la em uma função exercida por um engenheiro (quando são necessários formalização ou modelagem matemática e conhecimentos tecnológicos, articulados de forma inteligente) ou por um advogado (no caso de atuação jurídica ou política, atividades voltadas à representação de interesses e às escolhas estratégicas)¹⁵.

¹² Na EMBRAER este período inicial é de dois anos, onde os "trainees" realizam projetos em equipe, considerando custos, interesses dos clientes, problemas de especificação e de integração dos diferentes sistemas que formam um avião e recolhem/agregam as informações para que o piloto, a equipe técnica e a administração da empresa de aviação tomem suas decisões – assuntos sequer mencionados nos curso de engenharia.

¹³ M. Dodridge, Convergence on engineering higher education – Bologna and beyond, Proceedings of the Ibero-American Summit on Engineering Education; São José dos Campos, SP: UNIVAP, 2003.

¹⁴ De autoria de Scott Adams, ©United Featured Syndicate, Inc. Notar que o personagem do engenheiro é incompetente para fazer política dentro da empresa, por formação e por escolha ética (seu compromisso é com a qualidade dos produtos).

¹⁵ Talvez devêssemos considerar outras categorias, como economistas ou administradores de empresa. Os primeiros possuem formação científica, fazem análises inteligentes, mas não são voltados para resolver problemas relativos ao processo produtivo. A atual prevalência das finanças sobre a capacidade de produção do país, resultado do domínio ideológico dos economistas

Além daquilo que é chamado de "sistemas" e "logística", aparecem atividades como a direção de micro-empresas, consultoria técnica, análise, projeto ou gerenciamento de processos informáticos, financeiros ou técnico-gerenciais - as novas técnicas gerenciais ou financeiras exigem modelagem matemática bem acima do acessível a contadores ou formados apenas em administração.

Uma grande empresa, como FURNAS ou PETROBRÁS, está repleta de engenheiros exercendo funções deslocadas do quadro técnico habitual e não correspondendo à carreira tradicional exposta no início desta sub-seção. O chão de fábrica desapareceu do caminho da maior parte dos profissionais de engenharia. De forma mais radical, podemos dizer que as lanchonetes MacDonald's são belos exemplos de um processo construído por engenheiros, mas que não corresponde a um de seus empregos industriais tradicionais.

Esta função de guardião da inteligência do processo e encarregado das decisões informadas reaparece na figura mítica do *problem solver*, presente em inúmeros textos do final do século XX¹⁶. Sua competência lhe habilitaria a formalizar, modelar, resolver, projetar, negociar, implementar, gerenciar e explicar (ao público interno ou ao externo) os problemas de base tecnológica. O sonho deste super-profissional multi-habilitado exprime um desejo nascido da percepção de problemas gerados na interface social de inovações tecnológicas cuja resolução depende de capacitações não encontradas nos profissionais existentes. Estes problemas são sentidos de forma tanto mais aguda quanto mais se sentem desamparados o público, os decisores e os formadores de opinião - diante da quantidade atual de informações técnicas e do uso generalizado de conceitos técnico-matemáticos que transcendem sua própria formação (falha do ensino secundário?). O fenômeno pode ser percebido na reiterada citação a cientistas nos meios de comunicação, mesmo fora de seu contexto de competência, buscando uma apropriação indébita do prestígio técnico-científico, ou, negativamente, na desconfiança em relação à ciência em geral (ver a proliferação atual de terapias "suaves" ou "alternativas" e a presença sistemática do "cientista do mal" nas histórias em quadrinhos e nos filmes de aventura - exceto o japoneses).

Os papéis sociais atribuídos aos engenheiros não se confundem com suas funções técnicas, estando mais próximos das imagens geradas pelo sistema de educação encarregado de sua formação. Discutiremos estes papéis enquanto apresentamos um resumo dos perfis de formação de engenheiros propostos ou aplicados em alguns dos principais países (do ponto de vista tecnológico) e no Brasil. As fontes de informação serão citadas em notas ao pé da página, reduzindo a descrição histórica ao mínimo.

O modelo francês

monetaristas sobre os últimos governantes, confirma esta opinião. Os administradores nem sempre possuem formação para compreender o processo produtivo como um todo. Esta limita-se ao lado contábil e financeiro ou ao problema do gerenciamento de recursos humanos, que reaparecerá mais adiante como essencial para a atuação dos engenheiros com perfil gerencial. Falando genericamente e olhando os conteúdos e perfis de formação habituais das diferentes profissões, podemos dizer que é mais fácil complementar a formação de um engenheiro no que toca questões financeiras ou administrativas, que complementar a formação de economistas e administradores de forma a que eles compreendam o processo produtivo - e este é o sentido último deste parágrafo.

¹⁶ Que aparece bem definida nos textos da NSF e do REENGE. Ver MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT e Ministério da Educação e do Desporto - MEC, *PRODENGE - Programa de Desenvolvimento da Engenharia, Documento Básico*, 1995, Rio de Janeiro; Wladimir P. Longo, *Ciência e Tecnologia: evolução, inter-relação e perspectivas, Anais do IX Enc. Nacional de Eng. de Produção*, RS, Brasil, 1989; H. Etzkowitz e M. Gulbrandsen, *Public entrepreneur: the trajectory of United States science, technology and industrial policy, Science and Public Policy*, vol. 26, number 1, London, England, 1999, pp. 53-62; M. George, S. Bragg, A. Santos, D. Denton, P. Gerber, M. Lindquist, J. Rosser, D. Sanchez, C. Meyers, *Shaping the Future*, Washington D.C., USA: National Science Foundation, 1996, <http://www.nsf.org>.

As escolas de engenharia surgiram na França no século XVIII com a função de formar corpos técnicos para o estado, dentro da hierarquia já existente na burocracia de estado. Primeiro "engenheiros militares", para ocupar funções técnicas nas forças armadas. Depois "engenheiros civis", encarregados de pontes, estradas, construções e máquinas para os diferentes ministérios "civis". Os dois grupos eram destinados a ascender rapidamente a cargos de gerência, tanto pela qualificação e pela lógica própria às hierarquias burocráticas, quanto por sua extração social¹⁷ e pela extrema seletividade própria a escolas com número reduzido de vagas – e emprego garantido ao final.

Estes engenheiros, no início, eram "**engenheiros politécnicos**", generalistas sem grande base científica, dominando o conjunto de técnicas da época (ainda em pequeno número e desvinculadas do conhecimento científico da época – ver a *Encyclopédie* de Diderot e d'Alembert), embora a escola escolhida imprimissem uma certa especialização (*École de Ponts et Chaussées*, *École de Mines*, etc.).

Depois da Revolução Francesa, sob a influência de Napoleão e de Gaspar Monge, a formação ganhou bases científicas, iniciando-se o sistema 2+3: depois da obtenção de uma boa menção no Baccalauréat (exame de final de curso secundário), e de dois anos de estudo nas Classes Préparatoires (essencialmente matemática, física, química, filosofia e formação cultural, hoje acrescidas de informática e "princípios" de engenharia), realiza-se o exame de entrada em uma das *Écoles de Génie* (raríssimos candidatos obtêm sucesso na primeira tentativa), ao que se seguem 3 anos de estudo, com formação generalista, completada com alguma especialização no terceiro ano e diversos estágios em empresas (como atividade curricular e controlados pelas escolas). Podemos chamar este perfil de formação de "**engenheiro generalista de base científica**"¹⁸. À medida que o parque industrial francês se desenvolveu, os formandos destas escolas passaram (e ainda o fazem) a ocupar diretamente cargos de direção ou de projeto em empresas privadas ou estatais, o que induziu os cursos a desenvolver a visão gerencial como uma de suas características determinantes – o engenheiro da Grande École, com sua linguagem "ministerial", é um personagem recorrente na literatura e no cinema francês.

Na metade do século XX só havia onze escolas de engenharia na França (as Grandes Écoles), titulando *ingénieurs* em número limitado, o que garantia enorme seletividade¹⁹. Nos dois últimos decênios do século foram muitas Écoles de Génie²⁰, variando seus perfis de formação em torno do descrito acima, eventualmente mais especializados ou mais técnicos. A seletividade e o prestígio são sempre menores que os das escolas mais antigas.

Porém a quantidade de *ingénieurs* formados sempre foi e tem sido insuficiente para preencher os cargos técnicos no parque industrial francês, principalmente nas funções mais ligadas à operação fabril²¹. Aqui aparece a face escondida do sistema francês: há mais de oito outras maneiras de chegar à

¹⁷ O que permanece até hoje, ver Pierre Bordieu, *A economia das trocas simbólicas*, São Paulo, SP: Editora Perspectiva, 2001.

¹⁸ Ver Edmundo C. Coelho, *As Profissões Imperiais*; Rio de Janeiro, RJ: Editora Record, 1999, p. 196, que chega a falar de uma "rasa preocupação com problemas práticos ou imediatos" dos egressos da École Polytechnique de Paris, calçado em literatura da área de sociologia e história: E. Kranakis, Social determinants of engineering practice: a comparative view of France and America in the nineteenth century, *Social Studies in Science*, vol. 19, 1989, p. 5-70; Terry Chin, Des Corps de l'État aux secteurs industriels: génèse de la profession d'ingénieur, 1750-1920, *Revue Française de Sociologie*, XIX, janeiro-março de 1978, p. 39-71; G. Ahlstrom, Higher technical education and the engineering profession in France and Germany during the 19th century, *Economy and History*, vol. XXI, 2, p. 51-88, 1978.

¹⁹ Bordieu, *op. cit.*

²⁰ 227 escolas em 2005, ministrando um total de 728 habilitações (incluindo novas habilitações, como "engenheiro biotecnológico"), tendo sido graduados 30.000 engenheiros em 2004, além de 65 instituições técnicas ou voltadas para a educação continuada, tendo graduado 1.300 engenheiros em 2004.

²¹ Ver C. Lange, *Etre Ingenieur Aujourd'hui*, Paris: Editions du Rocher, 1993, p. 111-113.

função de engenheiro sem passar por uma École de Génie, nem todas concedendo um diploma de *ingénieur* reconhecido pela Comissão des Titres d'Ingénieur francesa²². Para ilustrar estas possibilidades será descrita a formação mais técnica: depois do Baccalauréat, o aluno cursa dois anos em uma escola técnica de nível superior (Institut Universitaire Technologique - I.U.T.), obtendo um Diplôme Universitaire Technologique (DUT) e, depois de três anos de experiência na indústria, pode realizar mais dois anos de estudos universitários complementares (em meio tempo, enquanto trabalha), obtendo assim o diploma de engenheiro. Este perfil de formação pode ser denominado o de um **"engenheiro tecnista de formação longa"**. Cabe dizer que esta formação tem um caráter essencialmente especializado, e atende essencialmente às funções de engenheiro de obra ou de chão-de-fábrica²³.

Os dois caminhos aqui apresentados para a formação de engenheiros na França (École d'Ingénieurs e I.U.T.) são os mais formalizados. O custo por aluno (para o estado, que o financia integralmente) é muito alto, especialmente no primeiro caso. Quase todos os outros caminhos passam pelas Facultés de Philosophie, Sciences et Lettres, originalmente destinadas a formar professores e "homens de cultura", e correspondem a um investimento muito menor por parte do estado - o custo por aluno nas "Fac" é muito menor que nos institutos e escolas especializados. Desta forma, apesar de uma contínua reclamação sobre o "baixo" nível das "Fac", e sem assumi-lo explicitamente, o governo francês equaciona o problema de financiamento do ensino superior, e promove uma forte seleção para o acesso às principais escolas de formação de engenheiros.

Os papéis sociais (representados inclusive na literatura e no cinema) foram apresentados: o "engenheiro gerencial" das Grandes Écoles, dominando um discurso e uma forma de apresentação "ministerial", destinado aos grandes jogos de poder (e extraído de uma reduzida camada social); o "engenheiro de projeto" ou "assessor técnico", detentor de um discurso técnico-científico e cada vez mais orientado para desenvolver sua própria empresa, formado pelas demais Écoles de Génie; e o "engenheiro operacional", que não porta o título de *ingénieur*, oriundo de outro extrato social e destinado a trabalhar no chão de fábrica ou na área de vendas. Não há, na França, leis limitando o exercício da função "engenheiro" aos portadores de diplomas específicos, ou Ordens ou Conselhos com poder de certificação oficial.

O modelo alemão

No final do século XIX, contrapondo-se ao sistema francês, a Alemanha organizou um sistema de formação de engenheiros integrado com a indústria, de enorme sucesso. O sistema encontra-se repetido na Suíça, no Japão, na Rússia, na Itália, e em muitos outros países desenvolvidos. Prevê duas formações radicalmente diferentes. Em ambas, o grande orgulho alemão – destacado por todos os informantes com quem o autor conversou e confirmado pelos alunos que lá se doutoraram – é o sistema de estágios e a participação das indústrias junto às escolas e aos cursos.

Nas Fachhochschulen o engenheiro recebe uma formação essencialmente técnica, entremeada de estágios na indústria, ao longo de três anos, sem maiores preocupações com embasamento científico. Podemos denominar este perfil de formação de **"engenheiro tecnista de formação curta"**, naturalmente muito especializado. A sociedade alemã vê este caminho como o mais curto acesso a um emprego industrial, sem despendar esforços excessivos na obtenção de uma

²² *Ibd.*, p. 115-116, onde aparece um diagrama explicando os nove caminhos de formação. Dois dos caminhos passam por um doutorado, sem acesso direto ao diploma d'ingénieur. Hoje em dia deve ser adicionado o caminho que termina por um Master francês, formalmente equivalente ao diploma de Ingénieur.

²³ Para uma visão histórica da criação destes caminhos, ver C. R. Day, *The making of mechanical engineers in France: the Écoles d'Arts et Métiers, 1803-1914*, *French Historical Studies*, v. 10, p. 4389-460, 1978.

cultura que não vê diretamente relacionada a seus objetivos. Embora na Alemanha não pareça existir alguma restrição a que estes engenheiros ocupem cargos de direção nas empresas, a expectativa social não dirige este técnico à pós-graduação (o que era uma impossibilidade até há pouco tempo) ou a cargos de gerência.

O outro diploma é obtido em uma Technische Universität (anteriormente Hochschulen), ao longo de cinco anos, seguindo até 2004 o esquema 2+3: dois anos de estudos científicos básicos e três anos em estudos muito especializados, culminando com o projeto de fim de curso e a tese de diploma²⁴. Não há formação gerencial ou humanística. O autor foi informado que é comum o aluno dispende seis anos para obter o grau de *ingenieur*, por atrasos na entrega da tese de diploma, consequência dos estágios na indústria. Podemos denominar este perfil de formação de "**engenheiro especializado de base científica**". A nova disposição 3+2 será comentada adiante.

O diploma das Fachhochschulen, até 2002, não dava acesso legal a uma complementação acadêmica, a formação associada sendo vista como terminal. O diploma das Universität confere maior prestígio social e permite à passagem ao Doktorat – por este caminho se formam os grandes especialistas, pesquisadores, projetistas, consultores e professores alemães. O diploma de Universität exige grande investimento intelectual e financeiro por parte dos alunos sem um retorno suficientemente garantido (para o gosto alemão).

Os papéis sociais relacionados aos dois diplomas são diferentes, porém a sociedade alemã não parece discriminar socialmente o engenheiro de formação curta. Respeita o grande especialista, com formação na Universität – e parece esperar que seu número seja menor que o dos formados nas Fachhochschulen. Diplomas e papéis sociais pareciam se integrar perfeitamente às funções do mercado de trabalho até há pouco tempo, e assim ainda aparecem no discurso oficial. As críticas atuais revelam um descompasso cada vez maior entre a formação oferecida (de altíssimo nível em relação a seus objetivos) e as necessidades da sociedade atual – por excesso de especialização e a falta de formação gerencial e sistêmica.

Devemos observar que o engenheiro das Universität é voltado para a inovação tecnológica, mas restrito à sua extrema especialização e à visão técnica. Problema assinalado ao autor pelas autoridades da T. U. Braunschweig como de difícil resolução: como mudar a estrutura formal da escola e de seus cursos (baseada em hierarquias funcionais culturalmente ancoradas) para formar este engenheiro que eles sentem como um "híbrido"?

O modelo anglo-saxão

A formação de engenheiros nos países anglo-saxônicos é aparentemente mais simples, mas esconde sua realidade por trás da liberdade curricular das diferentes escolas e universidades. Historicamente, como observa Alastair Paterson²⁵: "Os engenheiros franceses saíram de uma certa aristocracia, as grandes escolas. São *gentlemen*. Na Inglaterra, os engenheiros vêm de uma tradição manual e de manutenção de máquinas. No meio do século XIX eles evoluíram para estudos universitários. Isto deixa traços vivos, que diferenciam os engenheiros dos médicos e dos juristas". Apesar deste comentário expressando uma visão social comum aos países anglo-saxônicos, sempre houve uma sutil separação em dois perfis diferentes, só recentemente formalizada ou estendida em quadros nacionais cheios de nuances.

²⁴ Studien Arbeit e Diplom Arbeit, respectivamente.

²⁵ C. Lange, *op. cit.*, p. 155. Ver também R. A. Buchanan, The rise of scientific engineering in Britain, *British Journal for the History of Science*, v. 18, 1985, p. 218-233, comentado em E. C. Campos, *op. cit.*

Olhando o currículo das escolas classificadas como "universidades de pesquisa" pela Carnegie Mellon Foundation²⁶, EEUU (escolas organizadas segundo o conceito Humboldtiano de universidade de pesquisa), encontramos a exigência de uma boa formação científica, de uma razoável formação humanística, de alguma formação técnica especializada (organizada em dois temas, o *major* e o *minor*), e uma grande liberdade de escolha de disciplinas eletivas. O MIT (Massachusetts Institute of Technology) diz em seu informe geral que seu compromisso é prover os estudantes com uma formação fortemente científica, técnica e humanística, e encorajá-los a desenvolver sua criatividade para definir problemas e buscar soluções. Para o "*bachelor of science degree*", os estudantes devem completar um núcleo de exigências igualmente divididas entre ciências e matemática e humanidades, artes e ciências sociais (*sic.*). As exigências em ciências/matемáticas incluem química, biologia, física, e cálculo, assim como laboratórios e eletivas científicas. As exigências em humanidades, artes, e ciências sociais devem ser preenchidas com três entre cinco categorias: estudos literários; linguagem, pensamento e valores; artes; culturas e sociedades; e estudos históricos. Os estudantes também devem completar uma exigência escrita multidisciplinar. O espírito da formação aparece no texto de apresentação do MIT e está representado em seu brasão, ladeado por um técnico (um homem portando um martelo) e um professor (de beca, simbolizando o compromisso com as humanidades, termo muito bem definido na cultura anglo-saxônica)²⁷. A notar que o curso dura 4 anos e não pressupõe 2 anos de estudos prévios da base científica, o que o torna muito diferente dos cursos franceses.

Situações semelhantes ocorrem em Oxford e Cambridge (RU), que formaram os administradores do Império Britânico (inclusive em engenharia) a partir das letras clássicas. Poderíamos citar este perfil como o de "**engenheiro de formação humanística e base científica**". Fugimos da expressão sintética "ampla base cultural" porque o termo "cultural" costuma ser entendido como isolado da cultura científica.

Os egressos destas escolas atingem cargos de prestígio (basta consultar suas bem organizadas listas de ex-alunos), mas são orientados para, após os 3 ou 4 anos dispendidos na obtenção do grau, preparar um PhD²⁸, eventualmente suavizado por um MSc ou um MBA. De fato, a maior parte dos norte-americanos preparando um PhD na área de engenharia são oriundos das universidades de pesquisa, fato que já foi – ingenuamente – usado para inferir sua qualidade. Isto indica apenas que os cursos não são pensados como terminais, mas como etapas em uma formação mais profunda, levando à gerência ou à pesquisa científica ou tecnológica. Ao contrário da formação oferecida pelas demais escolas de engenharia, são orientados para preparar uma classe dirigente com embasamento técnico. A formação técnica profunda poderá vir na pós-graduação, se este for o interesse do aluno. Neste caso, o aluno estaria recuperando a formação francesa, na forma 3+2 (três anos de formação geral e 2 anos de formação mais especializada).

Olhando o currículo das escolas de engenharia (não universitárias) britânicas e de boa parte das escolas norte-americanas não classificadas como universidades de pesquisa, vemos uma orientação muito técnica, sem formação

²⁶ Ver <http://www.carnegiefoundation.org/Classification>. Na lista de 2004 para cursos de doutorado (extensivos), há 103 universidades (contadas por campuses) públicas e 49 universidades privadas não lucrativas, entre as quais os campus da Un. of California, a Colorado State Un., a Un. of Florida, a Pennsylvanian State Un., a Texas A&M Un., o California Institute of Technology, a Stanford Un., a Yale Un., a Un. of Chicago, a Loyola Un. of Chicago, a Harvard Un., o MIT, a Princeton Un. (a escolha feita na lista completa é arbitrária, apenas mostra exemplos). Na classificação há também colégios especializados, inclusive de engenharia.

²⁷ No brasão atual foi adicionado um personagem feminino, por questões de *political correctness*.

²⁸ No texto de apresentação do MIT (ver seu *site*), já citado, comenta-se que 38% dos egressos de 2001 do MIT passaram à pós-graduação. Na mesma página é comentado que "*management and technical consulting firms and investment banking firms are among the top employers recruiting Institute graduates*", o que explica a formação fornecida e o desinteresse pela especialização técnica.

científica: o "**engenheiro tecnólogo de formação curta**" já citado. Este é o engenheiro que passa diretamente a um emprego na indústria. Mais tarde, por questões de prestígio, poderá buscar complementar sua formação com um MSc ou um MBA, onde estudará ciências básicas ou ganhará uma formação gerencial, embora o número total dos que sigam este caminho seja bem menor que os estudantes de pós-graduação formados nas universidades de pesquisa. A definição desta formação é dada por: "Foco na prática de engenharia; projeto de acordo com padrões e procedimentos bem definidos, uso limitado da matemática; muitos professores com experiência industrial e/ou fortes laços com a indústria"²⁹.

O estado da Califórnia, EEUU, organizou oficialmente seu sistema de formação em três níveis³⁰. Na base, um enorme conjunto de *colleges*, voltados para a formação técnica (isto é, para formar os engenheiros tecnólogos de formação curta acima descritos) – 1,4 milhões de alunos em 1997. No meio, um conjunto de escolas (em torno da California State University) voltadas para a formação de professores de escolas de engenharia, onde o contato com a pesquisa e desenvolvimento é mais habitual, a formação científica mais aprimorada – 340.000 alunos. Desses espera-se um MSc, mas não necessariamente a dedicação à pesquisa. No topo, algumas universidades de pesquisa (em torno da University of California, incluindo a CalTech, Stanford e mais algumas universidades de pesquisa privadas), dedicadas a formar os cientistas e pesquisadores que deverão alimentar o parque industrial e os institutos de pesquisa californianos. Espera-se que estes sempre se dirijam a um PhD – isto é, o curso de graduação não é visto como terminal, admitindo um currículo mais livre e mais voltado para a ciência. A notar que há a possibilidade de transferência de alunos entre um grupo de escolas e outro, de acordo com concursos ou recomendações.

O custo por aluno é muito mais alto no nível do topo que no nível intermediário, e mais alto ainda em relação ao custo por aluno dos *colleges*. Desta forma há uma distribuição de custos – se todos os alunos recebessem uma educação para a pesquisa, o custo total ultrapassaria o orçamento do estado, um dos mais ricos daquele país! O prestígio social aumentando do *college* à universidade de pesquisa, a seletividade das últimas é muito grande, assim como suas exigências. Porém, assinala o governo do estado, a atração dos futuros professores pelo prestígio da pesquisa tem gerado um problema que reduz a qualidade da formação geral: os professores dos *college* acabam por se dedicar à pesquisa como atividade principal, e os que não conseguem passar ao grupo do topo acabam desmotivados.

Recentemente, na Grã-Bretanha, o Engineering Council britânico, órgão oficial criado por uma *royal charter*, passou a designar a formação (degree) em três tipos³¹:

- *technician engineer* (EngTech), um técnico especializado, não sendo considerado um "*higher education degree*";

²⁹ Wayne Johnson, Diretor Executivo da University Relations Worldwide, da HP, em palestra no IASEE 2003, em São José dos Campos, março de 2003; citando uma definição corrente nos EEUU.

³⁰ P. David, Inside the knowledge factory, Survey Universities, *The Economist*, 08/10/1997, www.economist.com/editorial/freeforall/current/uni1.html. A análise do caso norte-americano é profunda, em especial do problema gerado pela corrida da classe média à universidade e da conseqüente explosão de custos. O interessante é que P. David não percebe que o sistema francês busca a diversidade, acreditando que os diplomas "de estado" franceses possuam uma definição única, comum a todas as escolas de engenharia – o contrário do que vimos acima – mas este erro é comum, devido às idiossincrasias presentes no discurso oficial gaulês.

³¹ Standards and routes to registration (SARTOR), 3rd edition; London, UK: Engineering Council; www.engc.org.uk. Ver comentários em M. Dodridge, Convergence on engineering higher education – Bologna and beyond, Proceedings of the Ibero-American Summit on Engineering Education; São José dos Campos, SP: UNIVAP, 2003; e Lange, *op. cit.*, p. 103.

- *incorporated engineer* (IEng), um engenheiro com formação de 3 anos orientada para a indústria, sem embasamento científico ("*mathematical modelling – understanding of theory and IT*" ³²);
- *chartered engineer* (CEng), um engenheiro com formação de 4 anos e boa base científica ("*application of appropriate maths, science & IT*").

Mais especificamente, repetimos uma tabela preparada por Dodridge para melhor especificar a diferença entre *chartered* e *incorporated engineers*:

³² Ver a Tabela 6 em Dodridge, *op. cit.*, que explicita a formação dos dois tipos de engenheiros, "*different but equally valuable*". Ver o texto B55EngineeringInstitutionsJan00 em www.britishcouncil.org.

Tabela 1 - Engenheiros britânicos. Repete a Tabela 6 de Dodridge, *op. cit.*, traduzida mantendo as idiosincrasias britânicas, incluindo o uso de maiúsculas e de títulos formais.

Dois Tipos de Engenheiro Profissional <i>Diferentes mas com igual valor</i>	
Todos os Engenheiros profissionais devem: • Estar pessoalmente comprometido em agir conforme o código de conduta profissional apropriado, reconhecendo obrigações para a sociedade, a profissão e o ambiente. • Comunicar-se eficazmente - por meios orais, escritos e eletrônicos. • Viver sob Desenvolvimento Profissional Continuado	
Chartered Engineer <i>Conhecimento & compreensão</i> <i>direcionados, mas necessitando</i> <i>apropriado know-how</i> • Engenharia inovadora de nível máximo - liderança técnica e gerencial • Modelagem matemática - compreensão da teoria e da tecnologia informática • Orientação sistêmica (e.g. síntese de opções para projeto e desenvolvimento contínuo) • Pesquisa pura e aplicada e desenvolvimento • Projetar para além dos limites da prática atual • Cultivar perspectivas de médio e de longo termo • Gerenciamento de equipes e de recursos - perspectiva de promoção para gerência de nível médio/máximo	Incorporated Engineer <i>Know-how direcionados, mas</i> <i>necessitando apropriados</i> <i>conhecimento & compreensão</i> • Engenharia aplicada de nível alto - julgamento independente dentro do campo • Aplicação de apropriadas matemática, ciência e tecnologia informática • Implementação detalhada do conhecimento atual (e.g. projeto, marketing, gerência de manutenção) • Controle de qualidade de produtos e serviços extensivo • Desenvolvimento de sistemas cost-effective e de procedimentos seguros • Cultivar perspectivas de curto e de médio termo • Gerenciamento de equipes e de recursos - possível promoção para gerência de nível médio/máximo

Mas atenção à sutileza envolvida nas denominações e títulos britânicos, habitualmente incompreensíveis para quem não é um *british citizen*! *Incorporated engineer* e *chartered engineer* são graus credenciados (*accredited degrees*), o primeiro obtido após 3 anos de estudo e o segundo após 4 anos de estudo. Depois desta base espera-se que o profissional adquira ao menos 4 anos de experiência profissional (inicial), para então ser entrevistado e ter seu currículo analisado (*Final Test of Competence & Commitment*), e então passar ao estágio final de seu "registro" (*Registration*). De fato, será entrevistado a cada 5 anos, para renovação de seu registro, quando será verificado seu desenvolvimento profissional continuado. O "registro", que lhe permite adicionar o título (*incorporated* ou *chartered engineer*) a seu cartão de visitas (conforme a tradição britânica), é concedido - atualmente - pelo Engineering Council. No esquema atual, o registro do *chartered engineer* exige a experiência profissional citada, mais estudos universitários - um PhD é muito bem visto - e projetos & publicações, além da entrevista com a comissão de credenciamento³³. Neste caso é automaticamente credenciado como *European engineer*, uma situação criada

³³ Para os que duvidam do "register" vindo após a "accreditation" do "degree", ver a as figuras de Dodridge, *op. cit.*, muito didáticas, em especial a figura 4: "*formation of an engineer in the UK*", onde a estrutura aqui apresentada é exposta com mais clareza que nos textos legais cheios de subentendidos.

pela Federation Européenne d'Associations Nationales d'Ingénieurs (FEANI), associação fundada em 1951 e bem conceituada no ambiente europeu. Esta última situação mostra que a formação do *chartered engineer* e a do *ingenieur* alemão com formação longa apontam na mesma direção, mas esta convergência só fica clara quando ambos chegam ao doutorado.

Dodridge, *op. cit.*, comenta que deveriam ser formados três vezes mais *incorporated engineers* que *chartered engineers*, considerando as necessidades industriais. No entanto, as estatísticas britânicas apontam consistentemente o contrário³⁴. Essa tendência contrária ao mercado de trabalho como visto pela academia e pelos órgãos governamentais pode ser explicada pelo prestígio diferente dos papéis sociais associados aos dois tipos de engenheiro, e ao fato de que os que optam pelo caminho que leva ao *chartered engineer* tem acesso facilitado a um mercado de trabalho estendido e em contínua mutação, assim como o *ingénieur* francês.

A consciência deste fenômeno para a situação particular de seu país aparece na resposta madura do representante lituano a uma das questões colocadas pelo SEFI (Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs)³⁵: "não é seguro preparar um especialista para um posto de trabalho determinado/muito concreto, porque o mercado de trabalho do país não está estável no momento, e as prioridades para o desenvolvimento industrial não são claras na Lituânia ... devido a mudanças das condições de trabalho ou no caso de demissão, os graduados devem ser muito flexíveis para adaptar-se a suas novas condições." E assim condena a formação especializada curta, pondo-se a favor de uma formação longa e mais generalista, voltada para o mercado de trabalho estendido, como a do *chartered engineer* ou a do *ingénieur*.

Os papéis sociais no mundo anglo-saxão dependem não apenas dos tipos de engenheiros formados, mas também do prestígio das escolas. As universidades de pesquisa (nos EEUU) e Cambridge e Oxford (no RU) formam os diretores e os dirigentes nacionais, além dos pesquisadores de alto nível. Na outra ponta temos escolas dedicadas a formar engenheiros de chão de fábrica, orientados a postos de trabalho específicos.

Na cultura norte-americana a educação superior é vista como privilégio e como investimento pessoal (e não como um direito), donde o aluno discute antes de tudo a sua relação custo/benefício. O que explica a dificuldade atual em obter alunos norte-americanos nos doutorados em engenharia. O diploma de advogado parece ser mais compensador do ponto de vista financeiro...

Já no Reino Unido, a educação essencialmente pública e uma tradição dando maior visibilidade social à formação mais acadêmica (e cientificamente profunda) leva à preferência pelo caminho que leva ao *chartered engineer* – além da possibilidade de acesso ao mercado de trabalho estendido – o que é mais importante no Reino Unido ou na Lituânia (por exemplo) que nos EEUU, considerando ser tanto maior o risco de desemprego quanto menor é o mercado de trabalho.

O caso brasileiro

Na América Latina, os papéis do engenheiro resumiam-se, na sua maioria e há até 30 anos, ao de gerente de compras de equipamentos ou de execução de projetos adquiridos no exterior³⁶. Como o autor ouviu de um antigo professor do IME e da PUC-Rio, os engenheiros brasileiros:

³⁴ 40% a mais de Chartered Engineers em 1987 e 30% a mais em 2000.

³⁵ Resposta do representante lituano à décima pergunta em The impact of the Bologna Declaration on engineering education in Europe – the result of a survey (as of November 18, 2002), SEFI, in www.ntb.ch/SEFI.

³⁶ Ver Edmundo C. Coelho, *As Profissões Imperiais: Medicina, Engenharia e Advocacia no Rio de Janeiro, 1822-1930*, Rio de Janeiro, RJ: Editora Record, 1999. Nesta obra é relatada - partir de extensa pesquisa documental - em profundidade a realidade tecnológica e empresarial do país neste período, mostrando onde podiam se inserir os engenheiros, como se formavam e como atuavam.

- ou controlavam obras civis (o projeto, se mais complexo, vinha do exterior³⁷),
- ou gerenciavam máquinas e operários - o chamado "engenheiro ferroviário" (com projetos e manuais vindos do exterior),
- ou controlavam estoques e operações simples,
- ou eram diretores de uma divisão da empresa composta por ele e por uma secretária (encarregados de compras e/ou representações, ou da análise de documentos).

As competências reais exigidas passavam mais pelo domínio de uma determinada linguagem técnica (mas não de sua aplicação) e pela capacidade de adaptação à empresa, do que pelo domínio técnico-instrumental da área de formação. Isso fazia com que o incipiente setor industrial da época não distinguisse uma formação técnica especializada de uma formação livresca e superficial, sendo mais sensível à origem social dos candidatos a emprego (em geral refletida na escola de origem, é preciso dizer)³⁸.

Outro papel social anômalo, próprio a sociedades autoritárias onde as profissões são concedidas pelo estado a partir de imposições legais, é o de responsável legal por projetos ou operações. Para este papel é irrelevante a capacitação técnica, sendo importante apenas o diploma obtido em um curso credenciado conforme a lei e o registro do diploma na corporação legalmente compulsória (no Brasil, o sistema CONFEA/CREAs).

Os professores das escolas de engenharia costumavam ser estes mesmos engenheiros, ministrando aulas durante intervalos no seu trabalho.

Apesar de todo o progresso do ensino da engenharia no país ocorrido a partir daí – na análise dos projetos REENGE não encontramos um único programa de estágio supervisionado academicamente pela escola, embora houvesse exigência formal de estágios supervisionados desde a década de 70. Só encontramos estágios com supervisão acadêmica nos laboratórios de pesquisa, associado a bolsas de iniciação científica (o que permite medir sua pequena extensão).

Somadas à freqüente utilização de livros texto tradicionais norte-americanos centrados na "instrução programada" (como os da Coleção Schaum, sem utilização efetiva da física e matemática ensinadas no início dos cursos), estas características indicavam a formação, de fato, de um "**engenheiro bacharel**", termo muito usado em críticas à formação clássica dos engenheiros brasileiros³⁹. Do que foi observado acima, o ambiente industrial brasileiro não diferenciava o "engenheiro bacharel", apenas preparado para declinar um discurso técnico, do "engenheiro politécnico" ou do "engenheiro especialista" definidos nos textos legais vigentes (por listas de habilitações legais e/ou currículos mínimos). A ignorância do fato e a inexistência de parâmetros de comparação com escolas no exterior, salvo listas de conteúdos curriculares, garantia a consciência tranquila das escolas de engenharia e de seus professores.

Em 1966 houve uma breve tentativa de formar "engenheiros operacionais", em cursos com 3 anos de duração, havendo a possibilidade de completar a formação longa cursando mais 2 anos complementares. Não vale a pena discutir o perfil de formação, pretendido ou real, pois a iniciativa foi rapidamente abortada. O sistema CONFEA/CREAs recusou-se a registrar este profissional tratado como um engenheiro incompleto, sendo a categoria extinta na década de 70. Quase todos os engenheiros operacionais passaram direto aos cursos

³⁷ Com a possível exceção do engenheiro André Rebouças, cujo elogio onipresente afirma seu caráter excepcional, confirmando a regra.

³⁸ Este testemunho é completamente corroborado pela extensa documentação que fundamenta E. C. Coelho, *op. cit.* Em especial, ver seus comentários nas páginas 194-197, onde cita a influência inglesa através dos contratos para construção de ferrovias, projetadas e executadas por engenheiros ingleses com formação tecnicista.

³⁹ E. C. Coelho, *op. cit.*, p. 196.

complementares⁴⁰. Apesar disso, uma pesquisa na Internet com o termo "engenheiro operacional" faz aparecer um grande número de citações em documentos datados até 1977.

No entanto, há no país uma longa tradição de formação de técnicos especializados, centrada nos sistemas SENAI e CEFET. Rocha Pinto⁴¹, em 2002, analisou estas instituições no Estado do Rio de Janeiro do ponto de vista de seu perfil de formação. Enquanto o técnico do SENAI é preparado para postos de trabalho específicos (torneiro mecânico ou eletricista para residências, por exemplo), e depende da oferta de empregos exclusiva deste posto de trabalho, o do CEFET é preparado para uma atuação mais ampla, sem, no entanto, possuir a bagagem de um engenheiro especialista. O que tem gerado uma crise de identidade: o engenheiro técnico do CEFET, ao ocupar o posto de trabalho técnico, sente-se frustrado e questiona a formação recebida. Nem é um engenheiro – donde não ocupa "chefias" – nem admite as repetições que caracterizam a atividade técnica habitual. A noção do "técnico de nível superior" não parece ser reconhecida na cultura (e na realidade industrial) brasileira. Onde, forçosamente, onde existe, é ocupada por engenheiros graduados em escolas de menor prestígio ou pelos engenheiros (prestigiados) dos CEFETs.

Uma tentativa de resolver o problema foi a criação dos cursos sequenciais, "uma modalidade de ensino superior, em que o aluno, após ter concluído o ensino médio, poderá ampliar os seus conhecimentos ou sua qualificação profissional, freqüentando o ensino superior, sem necessariamente ingressar em um curso de graduação"⁴². Esta possibilidade ainda está sendo digerida pelas escolas de engenharia, que começam a ministrar cursos sequenciais de formação específica. Chiganer *et al.*⁴³ apontam as dificuldades relativas a esta formação não associada a um "título consagrado com representação de status social", isto é, sem um papel social determinado.

Na mesma direção podemos apontar a enorme quantidade de cursos de formação de técnicos de nível superior abertos por universidades de direito privado, e que tornaram a Universidade Estácio de Sá (RJ) uma das maiores universidades brasileiras (em número de alunos) – sendo os responsáveis por boa parte do aumento de vagas na área tecnológica nas faculdades/centros universitários/universidades atuais⁴⁴. São cursos de 3 anos orientados para a formação profissional, exigindo um menor investimento financeiro (pelo baixo custo e menor duração) e intelectual (vestibulares menos concorridos, não exigem formação científica ou cultural mais aprofundadas). Diplomas de nível superior devem ser aprovados pelo MEC e devem corresponder, por definição legal, a novas profissões. Melhor do que explicar a sua estrutura legal, é observar um exemplo simples: o curso em técnica de gravação e produção fonográfica, organizado por um dos principais profissionais brasileiros neste mercado junto à Universidade Estácio de Sá⁴⁵. Seus objetivos são capacitar o aluno em tecnologia de gravação e produção fonográfica e como empreendedor nesta área (tornando-

⁴⁰ Os primeiros cursos de engenharia de produção foram criados como complementos de 2 anos para engenheiros operacionais. Por isso apareceram como engenheiro de produção mecânica, produção elétrica, etc. Ver <http://www.fei.edu.br/producao/oquee.htm>, onde a história é apresentada.

⁴¹ Sandra R. da Rocha Pinto, A educação profissional de nível técnico à luz do modelo de competências: uma análise comparativa da implantação de três propostas institucionais. *Tese de Doutorado*, Departamento de Educação, PUC-Rio, 2000.

⁴² www.mec.gov.br.

⁴³ Luís Chiganer, Carlos E. Leal, Juarez Lopes e Antônio C. Sarquis, Cursos sequenciais na área tecnológica, *Proceedings of IASEE 2003*; São José dos Campos, SP: UNIP, 2003.

⁴⁴ Estudo a ser aprofundado. Não é fácil obter dados das universidades citadas, pois as novas formações aparecem sob a cobertura de cursos tecnológicos de nível superior, cursos sequenciais ou cursos de especialização – todos os rótulos legais são bons, desde que correspondam a formações procuradas por candidatos a alunos que acreditem (com ou sem razão) que estas abram as portas para o mercado de trabalho, ou, ao menos, criem um diferencial na concorrência por um posto de trabalho.

⁴⁵ Organizado por Mayrton Bahia, está descrito (de forma clara e direta) em http://www.estacio.br/politecnico/cursos/gravacao_producao.asp.

o capaz de criar seu próprio selo ou produtora), com competência para a produção, divulgação e distribuição de música em todos os seus suportes, cuidando da concepção, desenvolvimento e comercialização do produto. O mercado de trabalho para este profissional é composto por estúdios de gravação, produtoras de discos, selos fonográficos, e empresas de sonorização e produção de espetáculos envolvendo música – campo efervescente onde se multiplicam as micro-empresas e as atuações individuais. O curso dá acesso a um conjunto de certificados e diplomas (o que é novidade no quadro nacional): *disk jokey* (DJ) ao final do segundo período, assistente técnico de estúdio de áudio e/ou assistente de montagem e reparo em sistemas de sonorização, ao final do terceiro período, e diploma de graduação em produção fonográfica ao final de dois anos e meio. O curso fornece fundamentos de acústica, eletrônica, música, legislação, marketing, informática, além das técnicas específicas ao setor profissional, e exige aptidões iniciais (verificadas por análise de currículo) na área musical. Não é um curso técnico em eletrônica, não é um curso técnico em acústica, não é um curso de música, muito menos um curso de administração, mas integra estes campos em torno da produção fonográfica. Não corresponde a nenhum dos cursos pré-existentes no país⁴⁶.

Um exemplo singular e grandioso é o CEFET do Paraná. Através de convênios com os EEUU (USAID) e com a Alemanha, passou a formar técnicos altamente qualificados. A evolução foi natural para o jovem e progressista ambiente industrial paranaense: transformou-se em escola de engenharia, formando engenheiros prezados por uma alta qualificação prática, diferentes dos engenheiros projetistas ou com visão gerencial que serão citados adiante, e dos "engenheiros bacharéis" apresentados acima. No momento há muitas escolas de engenharia, principalmente na região Sul, seguindo o mesmo caminho (UBRA, UNISINOS, UNIVAP e PUCRS, por exemplo), resultado de parques industriais gerados em áreas contíguas, e apoiadas em convênios com a indústria local. A notar que estes engenheiros passam por uma formação longa, com perfil inicial generalista, pois irão trabalhar em pequenas indústrias onde terão o papel do faz-tudo. A formação final é técnica especializada, orientada para o mercado de trabalho regional - que está bem definido a não mais de dez quilômetros da escola. Poderíamos denominar este perfil de formação como "**engenheiro generalista com formação técnica de interesse regional**". Note que, mudando a região, mudam as competências exigidas.

Uma mudança estratégica nas Américas

Um exemplo espetacular de mudança estratégica de perfis de formação ocorreu a partir de meados da década de 50 do último século, nas Américas: a criação do conceito de "**engenharia científica**". Embora houvesse um certo empuxo do mercado de trabalho, ao menos na América do Norte, as tecnologias de base científica desenvolvidas na segunda metade do último século e o significado político-social atrelado à corrida espacial e à guerra fria (a era Kennedy) levaram à introdução de um renovado conteúdo científico nos currículos de engenharia, fortemente apoiado pelos governos norte-americano⁴⁷ e brasileiro (separadamente em cada país, com níveis de recursos bem diferentes, o Brasil agindo com grande inércia em relação aos EEUU). Para isso o sistema acadêmico próprio às ciências básicas foi introduzido nas escolas de engenharia, gerando professores orientados para a pesquisa e, esperava-se, para o desenvolvimento

⁴⁶ O único curso próximo, em 2003, na UNICAMP, atende mais a uma visão científica que à visão técnica integrando os diferentes temas fornecida pela Universidade Estácio de Sá.. Os conservatórios de música estão voltados exclusivamente para a execução e composição musical, não considerando seu aspecto tecnológico ou comercial.

⁴⁷ National Research Council, *Engineering Education: Designing an Adaptive System*, Washington, DC: National Academy Press, 1995; National Science Foundation, *Shaping the Future, New Expectations for Undergraduate Education in Science, Mathematics, Engineering and Technology*, Washington, DC: National Science Foundation, 1996.

de novas tecnologias. O empuxo foi dado por um aumento espetacular do número de bolsas de estudo em ciências básicas e do investimento estatal em atividades de pesquisa (no Brasil correspondeu à criação do CNPq e do sistema de pós-graduação).

A "engenharia científica" foi uma política de governos. A ciência era tratada como um valor em si, embora nos pareça que esta valorização tenha sido decorrente da concorrência tecnológica gerada pela guerra fria e pela crença no contínuo e automático aumento do bem-estar social a partir das novas tecnologias. No Brasil ainda houve o impulso dado por uma política de substituição das importações, que buscou criar uma abrangente indústria nacional.

Com a evolução industrial e tecnológica brasileira promovida a partir dos anos 50, mas realmente ativada a partir da década de 70, houve um aumento gradativo da demanda por engenheiros com formação mais científica e maior conhecimento técnico, que pode ser observada, principalmente (e, no início, quase exclusivamente), nos corpos de engenheiros e pesquisadores das grandes empresas estatais, como a ELETROBRÁS (em especial o CEPEL), a TELEBRÁS (e seus centros de pesquisa), a PETROBRÁS, e a EMBRAPA. Concomitantemente, a legislação foi mudada, aparecendo enormes e ultra-especificados "currículos mínimos"⁴⁸, definindo, em tese, um "**engenheiro especialista de base científica**", situado entre o engenheiro de formação longa alemão e o engenheiro generalista de base científica francês. De fato, o debate entre os partidários da formação generalista (pensada como a antiga formação do engenheiro civil) e os de formações especializadas, que se multiplicariam com o avanço da tecnologia, dominou a discussão sobre a formação de engenheiros, como pode ser verificado nas resoluções do CFE (Conselho Federal de Educação), nos artigos das revistas editadas pelo sistema CONFEA/CREAs e pelo Clube de Engenharia, da década de 60 até a década de 90, com um repique nas discussões em torno das Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia⁴⁹.

As modificações nos perfis de formação (os idealizados e os, de fato, obtidos) podem ser imputadas à qualificação das escolas de engenharia geradas a partir das políticas governamentais de desenvolvimento industrial e das novas necessidades das empresas estatais já citadas. Data deste período a criação dos cursos de pós-graduação, essencialmente voltados para a qualificação dos professores universitários nas áreas científicas e tecnológicas – sob a esperança governamental (expressa nos documentos emanados da FINEP, do CNPq e dos vários avatares do Ministério da Ciência e Tecnologia ao longo das décadas citadas) de que bastaria um bom grupo de doutores (em regime de dedicação exclusiva, defendiam alguns) para que o desenvolvimento tecnológico e a conseqüente geração de inovações tecnológicas se produzisse⁵⁰. Verificamos, analisando os projetos apresentados para o REENGE, que apenas parte do conjunto das escolas de graduação em engenharia havia sido afetada, de fato, pelo novo sistema de qualificação. À parte poucas escolas (como a PUC-Rio, as escolas do Estado de São Paulo, e as principais escolas federais), a nova formação se exercia essencialmente por via da pós-graduação.

Nos EEUU, o correspondente ao engenheiro especialista de base científica, considerando a formação curta (3 anos), foi definido como: "Foco nas ciências da engenharia; entendimento dos fenômenos fundamentais; análise; maioria dos professores treinados para pesquisa acadêmica"⁵¹. Este perfil já era existente nas universidades de pesquisa, que apenas tiveram legimitada sua formação. Nas demais escolas de engenharia houve um inegável aumento dos resultados de pesquisa, que nem sempre se traduziu em inovações e produtos industriais. No

⁴⁸ Resolução 48/76 do MEC.

⁴⁹ Ver a proposta do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA): Diretrizes curriculares - uma proposta do sistema CONFEA/CREAs, Brasília, 1998.

⁵⁰ Tema fatalmente repetido em cada reunião acadêmica em que o autor está presente.

⁵¹ Wayne Johnson, HP, *op. cit.*

dizer de John Prados, diretor do Directorate for Engineering da National Science Foundation (NSF/EEUU)⁵², os currículos de engenharia se encheram de disciplinas de ciências básicas, sem que estas estivessem relacionadas com as técnicas ensinadas nas disciplinas propriamente profissionais.

Podemos afirmar o mesmo no caso brasileiro, onde as disciplinas de física e de matemática foram desenvolvidas dentro da lógica destas ciências, sem ter havido uma maior integração com as disciplinas profissionais. Este efeito é um dos exemplos da resistência dos professores e da estrutura acadêmica a alterações curriculares profundas: o novo conteúdo sendo acrescido sem absorção, via novos professores (físicos e matemáticos, no caso) e novas disciplinas. É preciso dizer que, apesar desta crítica, a qualificação cada vez maior dos professores dos cursos de graduação, fruto da política governamental, aumentou o nível de exigência e a sofisticação do que é ensinado, principalmente nas escolas citadas acima. Inclusive porque os professores com doutorado trouxeram aos cursos de graduação outros modelos e parâmetros de comparação.

Uma reação começou a ocorrer nos EEUU em meados dos anos 80 (leis permitindo a exploração de patentes obtidas com financiamento estatal), aparecendo no Brasil 15 anos depois⁵³. Nos anos 90, o fim da guerra fria retirou a física de sua posição hegemônica, levando a novas políticas de estado buscando redirecionar os currículos de engenharia. Falamos aqui das iniciativas da NSF⁵⁴, nos EEUU, financiando coligações de escolas em torno de novos currículos (no plural) ou de novas metodologias didáticas, e do PRODENGE, programa brasileiro (inicialmente capitaneado pela agência estatal FINEP) buscando a criação de redes temáticas de pesquisa em engenharia (subprograma RECOPE) e a reforma do ensino de engenharia (subprograma REENGE). Uma análise do caso norte-americano aparece em Etzkowitz e Guldbrandsen⁵⁵. Os resultados do PRODENGE foram sumarizados por Longo⁵⁶.

Uma das motivações destes programas foi buscar a conexão entre pesquisa básica e desenvolvimento, isto é, entre invenção e inovação. O conceito de aglomerados (*clusters*) de escolas e indústrias apareceu neste contexto, buscando uma integração mais profunda e crítica. No Brasil, o aspecto mais característico foi o tentar desenvolver o "engenheirar" produtos no país, tentando quebrar uma dependência histórica dos países desenvolvidos. A análise deste problema é o eixo central dos textos fundadores do PRODENGE⁵⁷. A notar que o bem estar social continua sendo o valor principal (agora associado a produtos novos, não mais à ciência básica em si), mas a motivação é geo-política: aumento da produtividade nacional e integração com êxito no mercado internacional, e, no caso do PRODENGE (em contradição com as políticas do governo de então), diminuição da dependência tecnológica brasileira.

Outra motivação foi a já citada hegemonia da visão de mercado, onde a "empregabilidade" do engenheiro passa a depender mais de suas competências gerenciais e da sua capacidade de resolução de problemas que de seu conhecimento técnico especializado. Só que agora em um mercado globalizado: a formação transnacional (duplos diplomas e intercâmbios internacionais). Muda o

⁵² John Prados, Engineering education in the United States: past, present and future, ICEE-98 Keynote Address, Proceedings of the ICEE98, CDROM, Rio de Janeiro, RJ: PUC-Rio, 1998.

⁵³ Ver o Livro Branco de Ciência e Tecnologia, MCT, 2002, onde a situação e sua história são descritas.

⁵⁴ NSF, Shapping the Future, *op. cit.*

⁵⁵ H. Etzkowitz e M. Gulbrandsen, Public entrepreneur: the trajetory of United States science, technology and industrial policy, Science and Public Policy, Vol 26, n. 1, pp. 53-62, 1999.

⁵⁶ Wladimir Pirró y Longo, Ivan Rocha e Maria Hortência da Costa Telles, "Reengineering" engineering research and education in Brazil: cooperative networks and coalitions; *Science and Public Policy*, Vol. 27, n. 1, pp. 37-44, 2000.

⁵⁷ Wladimir P. Longo, Ciência e tecnologia e a expressão militar do poder nacional, TE-86 DACTec, Rio de Janeiro, RJ: Escola Superior de Guerra, 1986; Wladimir P. Longo, Ciência e tecnologia: evolução, inter-relação e perspectivas, Anais do 9º Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Vol 1, p. 42, Porto Alegre, RS: UFRGS; Ministério da Ciência e Tecnologia, PRODENGE – Programa de Desenvolvimento da Engenharia, Documento Básico, Rio de Janeiro, RJ: MCT, 1995.

papel do engenheiro: de um técnico especializado, com ou sem formação científica suplementar, passa ao de um gerente com visão tecnológica, podendo atuar no mercado ou no desenvolvimento de inovações e produtos.

Os papéis anteriores não desapareceram, apenas perderam sua predominância cultural. O novo engenheiro apresentado para o novo século deve ser empreendedor, possuir base científica suficiente para acompanhar rapidamente as mudanças tecnológicas e antever sua função econômica. Deverá assumir novas atitudes exigindo um novo tipo de formação, pois atuará em um novo modelo social. Todas as caracterizações apresentadas na virada de século parecem convergir, como o Engenheiro 2000, da ABET/EEUU⁵⁸, a formação sugerida pelo SEFI⁵⁹ para a Europa, a proposta de Diretrizes Curriculares da ABENGE⁶⁰, e, finalmente, as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia⁶¹, homologadas em 2002 pelo Ministério da Educação do Brasil. As características deste novo engenheiro exigem uma formação longa, embora perfis muito diferentes caibam neste esquema global. O "**engenheiro empreendedor de base científica**" proposto pela PUC-Rio⁶², ou os perfis de formação propostos pela Escola Politécnica da USP⁶³ - o engenheiro Poli 2015 - ou pelo CEFET/PR⁶⁴, embora de escopos diferentes, se encaixam nas diretrizes oficiais - que deixa às escolas a definição de seu perfil particular, das habilitações e modalidades, do nível de especialização (salvo um visão generalista embutida nas diretrizes) e do currículo apropriado.

1.3. Acordos internacionais e o problema da certificação

A grande quantidade de perfis de formação e as diferentes formas de definir o conceito de "engenheiro", espalhadas por diferentes títulos, dificultam a mobilidade de alunos e professores entre países diferentes e, mais ainda, o reconhecimento mútuo de títulos. Ora, estes dois temas começaram a ser tratados enfaticamente a partir dos anos 80, por razões que falam por si:

- expansão global da indústria, motivada por vantagens de escala e barateamento de custos; pressão das indústrias multi-nacionais visando a movimentação internacional de seus quadros especializados e a contratação de engenheiros em países diferentes;
- acesso a um maior conjunto de mercados e de idéias;
- possibilidades técnicas (grupos de trabalho e laboratórios remotos) e comerciais (OMC, desregulamentação, etc.);
- desejo de maior integração cultural, buscando um trabalho em conjunto (ideais da ONU), o que facilita o movimento comercial e também o entendimento dos povos por cima das barreiras nacionais.

Vários acordos internacionais tem sido firmados na busca de uma maior uniformização dos títulos e dos processos de formação, buscando atender os *desiderata* acima. A Declaração de Bologna, por exemplo, tem por objetivos principais:

- harmonizar a "arquitetura do Sistema Europeu de Educação Superior, sem prejuízo do reconhecimento do valor da diversidade cultural, lingüística e dos sistemas nacionais";
- potencializar a mobilidade de estudantes, professores e pesquisadores;
- aumentar a transparência e garantir a qualidade do ensino;

⁵⁸ Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), <http://www.abet.org>.

⁵⁹ Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs, <http://www.ntb.ch/SEFI>.

⁶⁰ Associação Brasileira para o Ensino de Engenharia, fundada em 1973, <http://www.abenge.org.br>.

⁶¹ Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia (Parecer CNE/CNS 1362/2001 e Resolução CNE/CNS 11/2002), em <http://www.mec.gov.br/Sesu/diretriz.htm>.

⁶² Ver sua definição em www.puc-rio.br.

⁶³ Ver sua definição em www.poli-usp.br.

⁶⁴ Ver sua definição em www.cefet-pr.br.

gerando um espaço europeu de ensino superior⁶⁵. Adotou-se um sistema de formação dito "3+2": os três primeiros anos levam ao título de bacharel em engenharia, o título de Master podendo ser obtido após um ou dois anos de estudos complementares. Nada é dito sobre o perfil de formação salvo que o título de bacharel em engenharia deve ser "relevante para o mercado de trabalho". Ignora-se a existência de formações longas e curtas e as diferentes orientações possíveis, salvo no aposto final do primeiro objetivo.

A aplicação destas intenções, geradas por ministros preocupados com o fato político (mobilidade de alunos/professores e comparabilidade de cursos) e o fato econômico (mobilidade de profissionais e o custo dos cursos, quase todos estatais na Europa), pode ser medida na enquete promovida pela SEFI⁶⁶ e pelas medidas efetivas tomadas pelos estados signatários.

Na enquete da SEFI, a quase totalidade dos representantes nacionais caracterizam o aspecto puramente formal do novo título de "bachelor of engineering", apenas um "pivot" para facilitar a mobilidade. O representante alemão assinala "a velha batalha da comparação dos graus universitários clássicos com os fornecidos pelas escolas técnicas de engenharia" (as Fachhochschulen), descrita nas seções anteriores tratando da Alemanha e do Reino Unido. A resposta francesa pode ser vista na criação do sistema "3+2" da Declaração de Bologna apenas nas Facultés des Sciences et Lettres⁶⁷ e da equivalência formal entre o título de *ingénieur* e o de Master⁶⁸ (que pode ser conferido também pelas Écoles de Génie, para alunos que não tenham seguido exatamente o seu percurso de formação). A notar que a proposta da Declaração de Bologna choca-se com o modelo da Grande École⁶⁹, mas mostra uma tentativa de formar o engenheiro empreendedor sem perder a formação tecnológica-instrumental prévia. Esta formulação (3+2) procura gerar um engenheiro com visão de mercado e competência empresarial através da educação continuada, repetindo a experiência dos Master nas Écoles de Commerce francesas.

Passando às medidas efetivas, na maior parte dos países europeus está sendo criada a possibilidade de complementar a formação curta por um curso de dois anos (o Master) e, ao mesmo tempo, quebrando-se, formalmente, a formação longa em um bacharelado de três anos seguido de dois anos complementares, obtendo-se o grau de *Ingénieur* ou correspondente, tratado como equivalente ao de Master. Assim são mantidos os dois sistemas de formação tradicionais sob novos rótulos.

Restam dois problemas. Primeiro, dar um sentido profissional ao bacharelado oriundo da quebra do diploma de longa duração, dado que os três primeiros anos costumam ser dedicados às ciências básicas e ao núcleo comum da engenharia. Segundo, dar um sentido ao curso de dois anos complementando a formação técnica (onde o aluno obteve um conhecimento "apenas suficiente" de ciências básicas) na direção de um grau "completo".

Na França declarou-se o tradicional título de *Ingénieur*, obtido em cinco anos de estudo⁷⁰, equivalente ao Master europeu. Algumas escolas que ministram os 5 anos completos concedem o diploma intermediário de *Bachelier en Génie* após 3 anos, sem maiores modificações. Se interessará à indústria, é outro problema - afinal, a França já fornece várias formações diferentes buscando atender às diferentes vocações e capacidades e aos diferentes interesses

⁶⁵ Francisco A. Izquierdo, Acreditación en educación de ingeniería, *Proceedings of IASEE2003*; São José dos Campos, SP: UNIVAP, 2003.

⁶⁶ The impact of the Bologna Declaration on engineering education in Europe – the result of a survey (as of Nov. 18, 2002), ver www.ntb.ch/SEFI.

⁶⁷ Um dos nove caminhos de formação de engenheiros na França, mas não conferindo o título de *ingénieur*.

⁶⁸ Ver a reportagem no France Flash de dezembro de 2002, São Paulo, SP: CENDOTEC, 2002.

⁶⁹ M. Lespinard, sessão plenária no ICEE99, descrita em Marcos da Silveira, Educação em engenharia: uma visão internacional, *Relatório ELETROBRÁS*, 1999.

⁷⁰ Quer no esquema 2+3 das Grands Écoles, quer no esquema de 5 anos dos Institut National de Sciences Appliquées (INSA).

industriais. Um aluno estrangeiro que venha cursar apenas os dois últimos anos na França receberá o título de Master, não o de Ingénieur.

O mesmo ocorre na Alemanha, onde a partição do curso de longa duração em dois diplomas têm sido feita sem maiores preocupações. O problema maior é o curso de complementação, proibido até recentemente, e que não parece ter sentido para a maior parte dos entrevistados pelo autor. Sequer sabem dizer se alemães se interessarão por esta complementação.

Na Itália quebrou-se o curso de 5 anos em uma primeira parte, com 3 anos (Laurea), e uma segunda parte, com dois anos (Laurea Magistrale). O Politecnico de Milano, adaptando-se ao processo, criou dois esquemas diferentes. O primeiro, para alunos que se dirigem à Laurea Magistrale, é exatamente o curso antigo realizado ao longo das duas etapas. O segundo destina-se àqueles que desejam obter apenas a Laurea: cursam os dois primeiros anos em comum com os demais, e depois um terceiro ano mais técnico, orientado para uma especialização industrial. Caso o aluno obtenha a Laurea por este segundo esquema e queira continuar estudando, terá de voltar atrás, cursar o terceiro ano do primeiro caminho, e só então poderá matricular-se no curso de Laurea Magistrale.

Os novos diplomas de curta duração interessarão à indústria? Os responsáveis do Politecnico de Milano confessaram ao autor não saber responder, pois a primeira turma graduou-se em 2004. O que estão fazendo é sugerir aos alunos que estão muito atrasados no curso de maior extensão passar à formação curta, que seria mais apropriada à sua capacidade. Este procedimento, esperam, poderá diminuir o tempo médio de graduação, atualmente em 7 anos e meio. Informaram que nas matrículas atuais apenas 10% dos alunos dirige-se à formação curta. O detalhe negativo é que a lei tornou obrigatória a conclusão de algum curso universitário (a Laurea, por exemplo) para a matrícula no curso de Laurea Magistrale. Isto dificulta a mobilidade - intercâmbio ou duplo diploma - dos alunos de outros países que estejam em um curso de 5 anos, sem diploma intermediário, como os franceses e os brasileiros.

Outros acordos vem sendo assinados com os mesmos objetivos. São exemplos a Declaração do Rio de Janeiro (29 de junho de 1999), propondo a criação de um Espaço Comum de Ensino Superior União Européia - América Latina - Caribe (UEALC), e os acordos de Washington (1989) e Sidney (junho de 2001), propondo a criação de um sistema de credenciamento de títulos comum aos países de língua inglesa⁷¹. O primeiro, apesar do Plano de Ação 2000-2004 ter sido aprovado pelos chefes de estado presentes na Cúpula de Madrid (maio de 2002), não tem sido sequer citado no Brasil. O segundo, como observa Dodridge depois de cuidadosa comparação, usa no documento um indefinido "*engineering technologist*", título genérico e usado apenas na Nova Zelândia (considerado, no Reino Unido, equivalente ao *incorporated engineer*). A ABET, presente, declinou de assinar o acordo, dizendo-se apenas observadora - embora seja uma entidade dedicada ao credenciamento de cursos de engenharia. A notar que dois dias depois outro acordo foi assinado por diversos países (os mesmos, mais Japão, Coreia e Malásia) e pela ABET permitindo que *chartered engineers* e seus equivalentes pudessem trabalhar em "um ou vários dos outros países".

Resumindo, os acordos existentes em vista da mobilidade de estudantes e professores consideram a formação mais simples e orientada para postos industriais, mas não tem tido consequência prática. Ao contrário, acordos visando o credenciamento das formações de mais alto nível acadêmico (*chartered engineers* credenciados, engenheiros com doutorado) não encontram problemas de aceitação, salvo eventuais reações de corporações nacionais de engenheiros. As alterações têm sido mais na terminologia que na estrutura curricular.

⁷¹ Um movimento gerado pelo Engineering Council britânico, ver www.washingtonaccord.org ou www.engc.org.uk/international.

Cabe lembrar que o acesso à profissão de engenheiro nem sempre é regulamentado legalmente. Não há regulamentação oficial (isto é, legislação restringindo o exercício profissional) na Alemanha, Bélgica, Dinamarca, França, Holanda. Na Itália e na Grécia há um exame nacional para o acesso à habilitação, e na Espanha, Portugal, Reino Unido, Irlanda, e em alguns estados norte-americanos, exige-se a certificação de qualidade por uma instituição profissional, nem sempre associada à obtenção de um diploma universitário⁷². O controle legal do exercício profissional por organismos estatais ou para-estatais (como o sistema CONFEA/CREA) baseado em diplomas associados a cursos universitários credenciados aparece essencialmente nos países ibero-latino-americanos.

⁷² Ver tabela em C. Lange, *op. cit.*, p. 160-161, especificando por país (na Europa) o diploma, os estudos necessários, o nível de regulamentação, o título associado, e os tipos de organizações profissionais. Uma análise histórica das exigências para o exercício profissional no Brasil, nos EEUU e na GB no período 1822-1930 aparece em E. C. Coelho, *op. cit.*, associando essas exigências ao desenvolvimento tecnológico e às ideologias dominantes em cada país e ao longo do período considerado. Cabe lembrar que a doutrina liberal estado-unidense levou a que não houvesse nenhuma exigência para o exercício profissional em medicina, advocacia e engenharia por toda a segunda metade do século XIX, o mesmo ocorrendo no Brasil quanto à engenharia até 1920 (E. C. Coelho, *op. cit.*, p. 271).

I.4. A construção do currículo de engenharia⁷³

Uma visão aparentemente clara e pragmática da noção de "desenvolvimento de currículos" é apresentada por Evans e Roedel⁷⁴, seguindo a escola educacional norte-americana de Bobitt e Tyler⁷⁵. Nela, um currículo é desenvolvido a partir da especificação dos seguintes itens:

- Objetivos do curso, descritos de forma genérica e abstrata (cobrindo várias das especificações da ABET ou das Diretrizes Curriculares brasileiras, por exemplo);
- Resultados a serem obtidos, descritos de forma objetiva e específica (capacidade de leitura e correção de plantas, por exemplo);
- Indicadores de desempenho, específicos e medindo o desempenho dos alunos nos resultados especificados;
- Estratégias e ações, ou como atingir, institucionalmente, os resultados;
- Métodos e métricas de medida de desempenho, para medir os indicadores de desempenho;
- Avaliação: um sistema de análise crítica para examinar as medidas de desempenho obtidas, estimando o progresso na direção dos objetivos;
- Realimentação: aplicação dos resultados da avaliação para desenvolvimento futuro e correção de objetivos e de estratégias.

Esta visão pragmática, embora seja útil, encobre ideologicamente muitos dos problemas centrais da educação em engenharia. Assume que o papel social dos engenheiros já está determinado e que os valores educacionais são consensuais – não havendo espaço para sua discussão.

Ora, "o currículo tem relação com o modelo de sociedade, na medida em que, através do currículo, difundem-se conhecimentos, valores, conceitos, interpretações dos fatos sociais"⁷⁶. Uma crítica comum no meio acadêmico brasileiro pode ser expressa pela seguinte citação: "O projeto hegemônico, neste momento, é um projeto social centrado na primazia do mercado, dos valores puramente econômicos, nos interesses dos grandes grupos industriais e financeiros. ... Neste projeto, a educação é vista como simplesmente instrumental à obtenção de metas econômicas que sejam compatíveis com esses interesses"⁷⁷. Nesta linha crítica aparece a defesa de uma formação em engenharia ampliada às ciências sociais, contra a priorização absoluta das áreas técnico-científicas⁷⁸. Distinguindo uma formação em ciências sociais de uma formação aberta a seus valores e informada de suas questões, não é possível negar a pertinência desta discussão. Mais profundamente, Bordieu e Passeron⁷⁹ mostram que a escola, em especial as escolas de engenharia, são mecanismos reprodutores de determinadas estruturas de poder socialmente instaladas – e, a bem da democracia, cabe romper com este funcionamento⁸⁰ – o que gera um impasse que explica parte dos problemas em discussão atualmente na área de educação.

⁷³ Esta parte do texto é baseada em Marcos A. da Silveira e Luiz C. Scavarda do Carmo, Comments on the design of engineering curriculum and the choice of didactic strategies, INEER, a ser publicado.

⁷⁴ D. L. Evans e Ronald Roedel, Workshop on Curriculum Development, apresentada no IASEE2003, São José dos Campos. Ver <http://www.univap.br/iasee>.

⁷⁵ Franklin Bobbit, *The curriculum*. Cambridge, MA: Riverside, 1918. R. Tyler, *Basic principles of curriculum and instruction*. Chicago: University of Chicago Press, 1950.

⁷⁶ Flávio M. Cunha e Mário Borges Neto, Currículo para cursos de engenharia: o texto e o contexto de sua construção, *Revista de Ensino de Engenharia*, vol. 20, n. 2, 2001, pp. 41-47.

⁷⁷ T. T. Silva, *O currículo como fetiche: a poética e a política do texto curricular*, 2ª edição. Belo Horizonte, MG: Ed. Autêntica, 2000, p. 28.

⁷⁸ Cunha e Borges Neto, *op. cit.*, Walter A. Bazzo, Luiz T. V. Pereira e Irlan von Lisingen, *Educação tecnológica*, Florianópolis, SC: Editora da UFSC, 2000.

⁷⁹ Pierre Bordieu e Jean-Claude Passeron, *A reprodução*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1975.

⁸⁰ Uma boa revisão sobre o assunto aparece em João J. E. Rabelo, O pensamento sobre currículo no século XX: uma revisão na literatura, *Anais do COBENGE2002*, CDROM, Piracicaba, S.P., UNIMEP, 2002.

Apesar da pertinência das críticas acima, o curso de engenharia é, por definição, um curso profissionalizante. Cabe então questionar o mercado de trabalho, pensando-o em forma prospectiva, e questionar os interesses sociais – buscar as tendências tecnológicas e sócio-econômicas e analisar criticamente as mudanças de valores. E, para além destas direções de exploração, há o interesse dos candidatos e alunos do curso de engenharia.

O problema da construção do currículo, buscando uma metodologia que permita transpor as competências já estabelecidas – o que inclui as novas funções e atividades do engenheiro na sociedade pós-industrial, mas, e principalmente, considerando os valores implícitos, será tratado em maior extensão no restante deste trabalho, em especial no que toca à formação do engenheiro empreendedor, voltado para a inovação.

Capítulo II

UM QUADRO CONCEITUAL PARA A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO

Este capítulo é dedicado a precisar os termos e conceitos utilizados ao longo de todo este texto - e já utilizados intuitivamente no primeiro capítulo. Assim, pode ser pulado em uma primeira leitura, esperando o leitor o momento em que, ao tentar aplicar as idéias aqui expostas (se tal ocorrer), necessite de uma compreensão mais fina do significado de "competência" e de "perfil de formação" a ponto de transformá-los em ferramenta de trabalho.

No capítulo anterior foram utilizadas expressões como "conhecimentos", "competências", "funções" e "perfil de formação", cujo sentido varia de autor a autor, ou entre escolas e épocas diferentes. Ropé e Tanguy⁸¹ fazem uma bela análise de como vários destes termos são associados a conceitos diferentes, de acordo com o autor e com suas tendências ideológicas, gerando enormes deslocamentos na interpretação dos textos. Mostram como a linguagem utilizada pode esconder os interesses e princípios imanentes a uma proposta, fazendo parecer "inevitável" uma determinada conclusão a partir de uma representação falha, que não deixa espaço para idéias alternativas. Em especial, mostram como o sentido de uma reforma educacional pode ser modificado entre as propostas de estudiosos, os textos diretores da reforma e seu entendimento e aplicação pelos professores, abrindo o caminho para o retorno ou a manutenção das formas anteriores.

Este último fenômeno é essencialmente motivado pela leitura interessada por parte dos que sofrerão/aplicarão a reforma e pela desconsideração da cultura particular do grupo ao qual se destinam os textos⁸². Conduz a uma interpretação dos termos/textos exclusivamente do ponto de vista de quem terá o trabalho da mudança (onde preponderam os interesses corporativos, as dificuldades e hábitos pessoais e a cultura interna à escola), sem que haja uma real tentativa de compreensão das propostas do ponto de vista de quem as preparou⁸³ (o que representa aceitar uma avaliação externa). A conclusão final costuma ser a de que "não há nada de novo, estão apenas dizendo o de sempre com novas palavras" ou "estão apenas aumentando a burocracia", o que permite reduzir a atividade de reforma à crítica das intenções políticas embutidas na proposta governamental de reforma.

Nas próximas seções será apresentado um quadro teórico dentro do qual serão discutidas as questões colocadas no primeiro capítulo. Explicitamente, serão apresentados:

- os conceitos necessários para descrever as questões tratadas neste trabalho, sendo explicitado, em particular, o conceito de "competência";
- um quadro teórico descrevendo a atividade de engenharia em vista do planejamento da formação do engenheiro;
- uma definição formal de "perfil de formação" e algumas sugestões iniciais sobre o processo de sua escolha para uma dada escola;
- alguns exemplos ilustrando os conceitos e os quadros teóricos apresentados;
- uma listagem das atividades pedagógicas utilizadas para esta formação, traçando um quadro geral para a organização/descrição de um currículo para um curso de engenharia.

⁸¹ F. Ropé e L. Tanguy (org.), *Saberes e competências*. Campinas, SP: Editora Papirus, 1997.

⁸² Uma sugestão é ler o artigo de Sônia Kramer, *Propostas pedagógicas ou curriculares: subsídios para uma leitura crítica*, in VVAA, *Currículo: políticas e práticas*, Campinas, SP: Papirus Editora, 1999.

⁸³ Ver Ph. Perrenoud, *Le travail sur habitus dans la formation des enseignants. Analyse des pratiques et prise de conscience*, in L. Paquay, M. Altet, E. Charlier e Ph. Perrenoud (org.), *Former des enseignants professionnels. Quelles stratégies? Quelles compétences?*. Bruxelles, Bélgica: De Boeck, 1996, p. 181-208..

Parte dos conceitos pode ser aplicada à análise de cursos profissionalizantes ou à educação em geral, mas cabe lembrar que a engenharia aqui é considerada a partir de uma definição muito geral, incluindo o projeto, a implementação e o gerenciamento de atividades de base tecnológica, o que atinge também o setor de serviços, as biotecnologias e a administração de empresas de base tecnológica, por exemplo.

II.1. Um glossário crítico

Competências

O conceito chave no quadro teórico aqui apresentado é o de "competência", termo que se presta a múltiplas interpretações, e que precisa ser claramente situado.

Os dicionários começam associando a este termo seu sentido jurídico – aptidão de uma autoridade a realizar determinados atos dentro de condições estabelecidas pela lei. Deste sentido deriva o sentido mais coloquial, onde a competência designa a capacidade de uma pessoa de bem julgar ou realizar ações em um determinado domínio como consequência de seu conhecimento, experiência ou prática⁸⁴. Mais explicitamente, o Dicionário Larousse Comercial⁸⁵ define o termo de forma extensiva: "Nos assuntos comerciais e industriais, a competência é o conjunto de conhecimentos, qualidades, capacidades e aptidões que habilitam para a discussão, a consulta, a decisão e tudo o que concerne seu ofício... Ela supõe conhecimentos fundamentados..... geralmente, considera-se que não há competência total se os conhecimentos teóricos não forem acompanhados das qualidades e da capacidade que permitem executar as decisões sugeridas."

O léxico de Ropé e Tanguy⁸⁶ descreve o conceito como: "competências – aptidão para realizar, em condições observáveis, conforme exigências definidas." Mais adiante os mesmos autores dizem: "Com o conjunto [dos] saberes ensinados espera-se que o receptor fique competente para exercer uma tarefa, ação, atividade ou compreender uma situação. Assim sendo, se estabelece um conjunto de capacidades traduzidas em competências, que ao serem incorporadas torna possível uma avaliação."

Esta definição enriquece a visão tradicional e muito mais restritiva associada à pedagogia taylorista de inspiração comportamental de Bobbit e Tyler, empregada nas discussões industriais nos anos 50, onde o profissional é dito competente se possui uma lista de capacidades mensuráveis⁸⁷. Estas capacidades correspondem a "*skills*" ou "habilidades" no sentido exposto em Barros⁸⁸, onde é ressaltado que: "A escola e a universidade dão, portanto, sua contribuição na formação do indivíduo: as habilidades genéricas (transferíveis entre setores e empresas); as habilidades referentes ao ramo de atividade e as habilidades específicas da empresa⁸⁹". Barros apresenta um quadro de habilidades para o mundo do trabalho, resultado de estudos do U.S. Department of Labor (1991).

⁸⁴ *Le Larousse de Poche*. Paris, França: Larousse, 1998. *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*. Rio de Janeiro, RJ: Editora Objetiva, 2001.

⁸⁵ Dicionário Larousse Comercial. Rio de Janeiro, RJ: Editora Objetiva, 1997.

⁸⁶ Ropé e Tanguy, *op. cit.*

⁸⁷ F. Bobbit, *The curriculum*. Cambridge, MA: Riverside, 1918; R. Tyler, *Basic principles of curriculum and instruction*. Chicago: University of Chicago Press, 1950. Para um exemplo recente de aplicação e propaganda da pedagogia taylorista, ver R. M. Felder e R. Brent, *Effective teaching: a workshop*; NC, USA: North Carolina State University, 1999; seminário apresentado na UFRJ em julho de 1999. Ver <http://www2.nscu.edu>.

⁸⁸ A. A. Barros, A contribuição econômica da educação nas indústrias inovadoras, *Tese de Doutorado*, Instituto de Economia da UFRJ. Rio de Janeiro, RJ: UFRJ, 1997.

⁸⁹ Cabe à universidade desenvolver as capacidades específicas à empresa?

Já Perrenoud⁹⁰ define "competência como o saber-mobilizar conhecimentos e habilidades para fazer frente a um dado problema, ou seja, as competências designam conhecimentos e qualidades contextualizados." É um "*savoir-faire* de alto nível, que exige a integração de múltiplos recursos cognitivos para o tratamento de situações complexas". Ainda, "uma competência remete a uma ação bem sucedida". Reserva o termo para uma capacidade de nível alto, lembrando que "competências específicas" (ou habilidades, ou *savoirs-faire*) em um nível dado serão elementos a serem mobilizados por competências em um nível mais alto. Isto é, a competência se estabelece em relação a um dado problema contextualizado, e refere-se a competências embutidas, "específicas" ou de "nível mais baixo". As competências "mobilizam esquemas de percepção, de pensamento, de ação, intuições, suposições, opiniões, valores, representações (comuns ou construídas) do real, saberes.....o todo se combinando em uma estratégia de resolução do problema por raciocínios, inferências, antecipações, estimativas, diagnósticos, etc."⁹¹.

Adotaremos uma adaptação da visão de Perrenoud, onde "competência" é a capacidade de mobilizar e articular os saberes (ou conhecimentos), habilidades (ou competências específicas⁹²), aptidões e atitudes para resolver eficazmente novos problemas, devidamente contextualizados, de forma fundamentada e consciente.

Assim, para definirmos as competências necessárias para uma dada formação em engenharia, precisamos começar especificando os tipos de problemas que esperamos que este engenheiro resolva, e os contextos em que atuará.

Perrenoud chegou a este conceito buscando os limites da dissociação entre saberes e práticas, para chegar a um instrumento que sintetizasse as duas vertentes de organização curricular: a que começa dos conteúdos e a que parte das práticas educacionais⁹³. Este caminho é próprio à área de educação, e se inscreve no projeto de pesquisa central na área da teoria do currículo nos últimos 20 anos. O autor e sua equipe chegaram ao conceito a partir da epistemologia própria à engenharia, que parte dos problemas a serem resolvidos, definidos a partir de seu contexto, para as técnicas, métodos e saberes⁹⁴.

A crítica de que esta definição, por referir-se a problemas contextualizados, está restrita a engenheiros operacionais e técnicos, não se aplica, pois por "problema contextualizado" podemos entender problemas tão complexos como o de enviar um homem a Marte. A crítica de que esta definição ignora saberes (ou,

⁹⁰ Ph. Perrenoud, La transposition didactique à partir de pratiques: des savoirs aux compétences, in *Revue des sciences de l'éducation* (Montréal), Vol XXIV, n. 3, 1998, pp. 487-514 (acessível no site do autor, <http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud>).

⁹¹ Interessa observar que a definição de Perrenoud assemelha-se ao uso do termo em gramática geradora: "um conhecimento implícito que os sujeitos falantes possuem de sua língua, e que lhes permite produzir e compreender um número infinito de enunciados nunca escutados anteriormente" (Dictionnaire Hachette, preface de Roland Barthes, Paris, França: Editions Hachette, 1988). Vemos aqui o domínio psicológico (e inconsciente) de um conjunto de saberes e processos cuja articulação permite resolver problemas novos (aqui a produção e a interpretação de sentido, no contexto semântico e gramatical de uma língua) – uma competência de nível mais alto que o simples reconhecimento do sentido de palavras ou de regras gramaticais. Por outro lado, Perrenoud exige que o sujeito seja consciente da articulação que realiza, mas não necessariamente de todas as habilidades implicadas. A referência a "esquemas" relaciona o conceito a preocupações da psicologia da percepção e da epistemologia, e ao problema central das atividades mentais reflexivas e reflexionantes, tema levantado em Ph. Perrenoud, *L'intuition dans la classe: un mystère?*, <http://www.unige.ch/fapse/SSE/perrenoud>, mas, essencialmente, em aberto.

⁹² Ou *savoir-faire*, ou *know-how*.

⁹³ Perrenoud, *op. cit.*

⁹⁴ Caminho esse que pode ser relacionado diretamente com uma temática epistemológica em torno das "ciências do artificial" e da noção de interesse, explorada por Kant e por Habermas. Mas esta é outra direção de pesquisa, que não será tratada neste trabalho.

de forma operacional, conteúdos) foi respondida por Perrenoud em seu texto seminal⁹⁵.

A definição de competência, que ficará mais clara ao discutirmos os termos que a compõem, não impede a existência de cadeias de competências mais específicas, todas importantes em si, mas eventualmente encaixadas diante de um problema específico. Por exemplo, a sequência:

conceber (ou projetar) a solução de um problema de engenharia →
 formalizar o problema →
 modelar o problema →
 escolher as variáveis essenciais para descrever
 um sistema (em consideração à resolução de
 um determinado problema).

Cada termo desta sequência é uma competência específica em relação à competência anterior, e necessária para que a competência anterior possa ser dominada. Outro exemplo (sempre em relação a um dado problema de engenharia):

inovar →
 mobilizar e estimular a criatividade →
 focar esta criatividade no objetivo dado →
 produzir soluções.

Notar que "produzir soluções" faz parte da definição de "inovar", mas é uma competência a ser invocada inclusive em problemas onde não se coloca a questão de uma verdadeira inovação.

Saberes, conhecimentos, savoir-faire

Passemos agora aos termos usados na definição de competência.

A noção de "saberes", comum na literatura francesa e presente nos trabalhos de Ropé e Tanguy⁹⁶, é muito geral, incluindo todo tipo de prática, procedimento ou explicação aceito ou utilizado no domínio de interesse. No dizer de Perrenoud, "os saberes são representações do real que nos vêm ao espírito quando somos confrontados a situações que desafiam nossas rotinas", incluindo os "conceitos e teorias (eruditos, práticos ou do senso comum) que os estruturam"⁹⁷. No caso da engenharia, inclui o estado da arte, o estado da técnica e o estado da prática⁹⁸, assim como as ciências que lhe servem de base e todo

⁹⁵ Ph. Perrenoud, Construire des compétences, est-ce tourner le dos aux savoirs, in *Résonances. Mensuel de l'école valaisanne*, n. 3, Dossier "Savoirs et compétences", novembre 1998, p. 3-7, reproduzido em <http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud>.

⁹⁶ Ropé e Tanguy, *op. cit.*

⁹⁷ Ph. Perrenoud, La transposition didactique à partir de pratiques: des savoirs aux compétences, in *Revue des sciences de l'éducation* (Montréal), Vol XXIV, n. 3, 1998, pp. 487-514 (acessível no site do autor, <http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud>). Neste texto aparece toda uma discussão sobre os tipos de saberes, conforme diferentes chaves de classificação. Citamos algumas definições: "Um saber erudito exige uma ordenação, uma linguagem apropriada e controle intersubjetivo". "Um saber teórico (erudito ou não) não é a representação de uma situação singular, mas de um processo trabalhando dentro de uma classe de situações comparáveis". "Um saber comum funciona sem que o sujeito se observe agindo". Há saberes formais (validados teoricamente), práticos (referidos a práticas de referência, submetidos a critérios de eficácia prática) e saberes procedurais (representações do procedimento a ser seguido).

⁹⁸ O estado da arte, estado da técnica e estado da prática correspondem, aproximadamente, aos saberes formais, práticos e procedurais tratados por Perrenoud. Uma definição mais completa aparece em M. A. da Silveira, L. A. Meirelles e M. I. P. Silva, Notas sobre o curso de engenharia, in *Nova Visão dos Cursos de Engenharia e suas Implicações na Universidade Moderna: uma Proposta da PUC-Rio, Relatório Interno do Decanato do CTC*, PUC-Rio, julho de 1995:

- "Estado da arte": conjunto de hipóteses e teses consideradas válidas pela comunidade acadêmica sobre problemas científicos específicos. O estado da arte é normalmente documentado em periódicos especializados.
- "Estado da técnica": conjunto de métodos e técnicas para a resolução de problemas técnicos específicos devidamente documentados na literatura ou nos bancos de dados dos serviços de patentes e congêneres.
- "Estado da prática": conjunto de soluções técnicas em uso, incluindo técnicas de projeto, produtos e formas de organização empregadas em processos de trabalho concretos.

outro conhecimento ou prática que lhe possa ser útil (os saberes comerciais, jurídicos e administrativos, por exemplo).

Em sua tese de doutorado, Gama⁹⁹ propõe uma reconstrução do sentido de "conhecimento" no contexto da educação que facilita a crítica da descrição habitual dos currículos: "conhecimento" (de um aluno/profissional) é o conjunto de saberes apropriado pelo sujeito de forma que possa ser aproveitado nas competências sob análise. Esta definição separa claramente o conteúdo ensinado (um conjunto de saberes) do conhecimento aprendido, e apresenta este aprendizado em relação às competências – estabelecendo o sentido em que se espera que ele seja utilizado e, implicitamente, a forma de avaliação. A pergunta sobre a utilidade do conhecimento (Conhecimento para quê?) está respondida pela sua referência às competências escolhidas¹⁰⁰. Notar como "conhecimento" aqui se aproxima de "*know-why*", expressão frequentemente encontrada nas descrições norte-americanas do novo engenheiro¹⁰¹.

Outro termo usado acima é "*savoir-faire*" ou "saber-fazer", cujo sentido é recoberto, às vezes, pelo de "*know how*", "*skill*" ou "habilidade". Pode ser definido como: um "saber-fazer" é a capacidade de resolver um problema específico ou de executar com sucesso uma tarefa bem definida. Ou, como definem Ropé e Tanguy no texto já citado: "*savoir-faire* (aqui entendido como as capacidades numa situação precisa que o indivíduo manifesta para resolver um problema proposto utilizando suas habilidades e incorporando um conjunto de atitudes)". Exemplos: efetuar uma pesquisa bibliográfica, ler um desenho técnico, medir o passo de um parafuso, calcular a pressão sobre uma hélice de submarino, ou calcular uma integral. "Um *savoir-faire* não é um saber. O primeiro se manifesta na ação eficaz, sem prejudicar o modo operatório. Um saber (procedural) é uma representação do procedimento a ser aplicado"¹⁰².

Alguns autores usam uma definição muito abstrata, que se confunde com a de competência sem especificar claramente a existência de um problema ou de um contexto: *savoir-faire* é a "habilidade de ter sucesso naquilo que se empreende"¹⁰³. Esta definição esboça mais uma qualidade moral que uma característica específica e verificável, não sendo de grande utilidade para estudar o problema que nos interessa.

Habilidade

⁹⁹ Sinval Z. Gama, O perfil de formação do engenheiro elétrico para o século XXI, *Tese de Doutorado*, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, PUC-Rio, 2002.

¹⁰⁰ Ver a discussão do assunto em M. A. da Silveira e L. C. Scavarda do Carmo, Sequential and Concurrent Teaching: Structuring Hand's-On Methodology, *IEEE Trans. Education*, Vol. 42, n. 2, p. 103-108, maio 1999, que mostra que o ensino sequencial e o ensino concorrente são baseados em concepções diferentes de conhecimento. Por exemplo, concursos e provas convencionais (o exame vestibular e o Provão, inclusive) – se o sucesso nestes passa a ser considerado o objetivo da educação – definem uma competência implícita: ter sucesso no concurso, prova ou exame especificado. Esta competência define a razão imediata do conhecimento a ser adquirido: responder questões padronizadas em tempo dado segundo o tipo de avaliação específico à prova ou concurso em vista. O resultado final (implícito e mascarado) é a reprodução social apontada por Perrenoud. Claro, o tipo de conhecimento (segundo o artigo citado) e a pedagogia apropriada diferem do que se espera para competências como "resolver problemas de engenharia em ambiente industrial", por exemplo. Vemos aí a diferença entre objetivos e pedagogia de cursinhos preparatórios para tal concurso ou exame e objetivos e pedagogia da escola (ensino fundamental, médio ou superior), consideradas as diretrizes curriculares emanadas do MEC. Infelizmente, as escolas acabam por ceder às exigências sociais em torno do sucesso nos concursos que marcam o caminho escolar habitual. Um exemplo flagrante é o aluno que chega às Grandes Écoles francesas, verdadeira máquina de responder as provas típicas nos concursos franceses (na França chamados de *bêtes à concours*), e que exige toda uma pedagogia apropriada para torná-lo um engenheiro autônomo e empreendedor capaz de tomar decisões no contexto empresarial – entrevistas pessoais do autor com os coordenadores pedagógicos da maioria destas escolas.

¹⁰¹ Engineer 2000, ver <http://www.abet.org>, por exemplo.

¹⁰² Perrenoud, *op. cit.* O parêntese foi colocado pelo presente autor. No trabalho citado, Perrenoud discute os sentidos de *savoir-faire* na literatura francesa.

¹⁰³ Nouveau Petite Larousse, Paris, França, Ed. Larousse.

O termo "habilidade" é usado em sentidos diferentes nos textos citados nos dois parágrafos anteriores. Este termo é usado para descrever competências específicas (saber-fazer) ou aptidões, ou ainda algumas competências gerais (como no caso de Barros, já citado). Mas é sempre referido a tarefas bem definidas. Corresponde ao termo inglês "*skill*"¹⁰⁴. Os dicionários associam ambos, inicialmente, a "destreza", mostrando sua referência original a atividades psicomotoras. Só depois alargam o conceito, sempre associando-os a facilidades (ou capacidades) pessoais no manejo de objetos ou situações¹⁰⁵.

No ambiente estadunidense influenciado pela ideologia fordista-taylorista e pela psicologia comportamental (Bobbitt e Tyler, já citados) só há referência a competências específicas, pois, por princípio, todas devem ser claramente mensuráveis por tarefas, sempre vistas como tarefas técnicas – nunca problemas novos. Desta forma desaparece a diferença entre "competência" e "*savoir-faire*". Este recorte conceitual (comportamentalista) torna o discurso mais claro porque abrange um domínio de atividades reduzido e mais fácil de ser descrito, porém esconde as dificuldades principais: refletir sobre a ação, passar à abstração, representar o problema em seu contexto, explicar as causas e as razões, tratar com o desconhecido ou com o mal definido, inovar. Estes temas, recusados por Tyler e sua escola¹⁰⁶ devido à dificuldade em "objetivar" seus resultados comportamentais, reaparecem na literatura estadunidense a partir dos anos 80, diante das mudanças descritas no primeiro capítulo, gerando uma ampliação descontrolada do que pode ser tratado como "*skill*" ou "habilidade". Assim, os conceitos associados a estes termos tornam-se nebulosos, e continuam a cumprir o seu papel ideológico¹⁰⁷.

Vejamos uma situação característica: a diferença entre conhecer um algoritmo ou uma metodologia e saber (ou conseguir) aplicá-los. A capacidade de usar um algoritmo na situação para que foi definido corresponde a um *savoir-faire*, e é só o que é exigido de um engenheiro operacional ou de um técnico de nível universitário. Adaptar o algoritmo a uma nova situação, enriquecendo-o ou modificando-o, já é uma competência, no sentido definido acima. Buscar um algoritmo novo para a mesma situação, uma vez que apareça uma nova restrição ou uma nova exigência, idem. Os dois últimos casos exigem a articulação do saber (a representação do procedimento, isto é, o "algoritmo") com uma representação do contexto e das ações possíveis. Ora, todos estes casos aparecem como *skills* ou habilidades em textos recentes¹⁰⁸, embora os dois últimos não se reduzam aos comportamentos mecânicos exigidos pelos comportamentalistas.

Aptidão, atitude, etc.

Aptidão é definida por "disposição natural ou adquirida"¹⁰⁹. Exemplos são as aptidões psicomotoras, como cortar com tesoura, ler um texto, estimar uma distância ou desenhar figuras humanas; as aptidões psicosociais, como trabalhar em grupo, falar uma língua, compreender o sentido de um texto; e as aptidões físicas, como saltar a uma determinada altura ou subir em cordas penduradas,

¹⁰⁴ Ver o Oxford Advanced Learner's Dictionary, de A. S. Hornby, Oxford, GB: Oxford University Press, 1974; e o Dicionário Inglês-Português de A. Houaiss, São Paulo, SP: Editora Record, 1982.

¹⁰⁵ Ver o Oxford Advanced Learner's Dictionary, já citado, e o Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa (Editora Objetiva, 2001). Da palavra "habilidade" à palavra "hável" o conceito é notavelmente ampliado, passando da esfera psicomotora à esfera da interação social e de todo tipo de prática, como se hável não fosse o possuidor das habilidades definidas no mesmo dicionário.

¹⁰⁶ Felder e Brent, *op. cit.*

¹⁰⁷ Ver a sequência de passos para a construção de currículos em D. L. Evans e R. Roedel, *Workshop on curriculum development*, apresentada no IASEE2003, São José dos Campos, 2003; texto completo em <http://www.univap.br/isae>, parcialmente apresentado na última seção do primeiro capítulo.

¹⁰⁸ D. L. Evans e Ronald Roeden, *Workshop on curriculum development*, apresentada no IASEE2003; São José dos Campos (<http://www.univap.br/iasee>, comentado na seção I.4).

¹⁰⁹ Dicionário *Nouveau Petit Larousse*. Paris, França: Larousse, 1998.

exigidas em concursos para a Polícia, por exemplo. O caráter inconsciente e automático (não refletido) da atividade é sua característica essencial.

Atitude é o "estado de espírito que se reflete na conduta, nos sentimentos ou nas opiniões em relação às coisas, condições, etc., e a posição assumida para demonstrar estes sentimentos"¹¹⁰. Exemplos: atitude empreendedora, atitude ética. Pertence à estrutura da personalidade da pessoa, de suas crenças e da forma como são vivenciadas.

Na visão de Ropé e Tanguy, a noção de competência tende a substituir outras que prevaleciam anteriormente, como a de "saberes" e "conhecimentos" na esfera educativa, ou a de "qualificação" na esfera do trabalho. A noção de "formação", que apareceu nos anos 60 e se consolidou nos anos seguintes, foi inicialmente associada à noção de "educação", que já tinha ocupado o lugar de "instrução", noção que dominava o campo da educação profissional na primeira metade do século¹¹¹.

Quanto ao termo "função", Ropé o define como o conjunto de "atividades" na empresa voltadas para uma dada finalidade, possuindo caráter coletivo e finalizando a atividade individual. O termo "atividade" é entendido como o conjunto de tarefas efetivamente executadas pelo indivíduo que concorrem a uma ou várias funções na empresa, segundo as condições de exercício identificadas. Ainda segundo a mesma autora, a definição atribuída para "tarefas" é a descrição de um elemento da atividade que corresponde a uma prestação esperada, com base nos recursos de que dispõe a pessoa e em razão das exigências que lhe são fixadas. Estas noções diferenciam-se claramente de "cargo", posição ocupada no quadro hierárquico da empresa, descrevendo mais a estrutura dos poderes que a dos fazeres¹¹².

Voltando às competências

Voltando à definição de competência, considerando o léxico acima apresentado, podemos precisá-la como: "competência" é a capacidade de mobilizar e articular os conhecimentos, *savoirs-faire*, aptidões e atitudes para resolver eficazmente novos problemas, devidamente contextualizados, de forma fundamentada e consciente. Cabe lembrar que, para resolver um problema, o sujeito mobiliza os conhecimentos "que lhe permitem modelar o real e torná-lo (parcialmente) inteligível, previsível, inclusive dominá-lo" via "construção de cenários e estratégias, negociação de meios materiais, tomada de decisões, mobilização de habilidades, procedimentos, técnicas, rotinas, etc."¹¹³. Mas não bastam os conhecimentos, é preciso coordená-los entre si e com as aptidões, etc. em vista da resolução do problema. Isto é, competências não se reduzem a conhecimentos, e não podem ser ensinadas diretamente – podemos apenas "criar as condições de seu desenvolvimento, ao sabor dos dispositivos de treinamento"¹¹⁴, ou melhor, das situações e atividades a que o aluno é exposto ao longo de seu curso. O que no envia à definição de "currículo".

Currículo

¹¹⁰ Proposta de Diretrizes Curriculares, ABENGE, 1998.

¹¹¹ Se ignorarmos a obra de Dewey, em torno da "educação ativa", suplantada politicamente pelos comportamentalistas no campo educacional norte-americano. Ver J. Dewey, *How we think*; Lexington, USA: D. C. Heath & Co., 1933, e o histórico da pedagogia norte-americana apresentado no capítulo 2 de W. E. Doll Jr., *Currículo: uma perspectiva pós-moderna*; Porto Alegre, RGS: Editora Artes Médicas Sul, 1997.

¹¹² Este último trecho é baseado em Gama, *op. cit.* Remetemos a Ropé e Tanguy, *op. cit.*, para uma discussão mais aprofundada destas últimas noções.

¹¹³ Perrenoud, *op. cit.*

¹¹⁴ *ibid.* Assim, as competências incluem os "esquemas operatórios" tão caros a epistemólogos e psicólogos da percepção.

"Currículo" se origina, por metáfora, da palavra latina "*curriculum*", o "lugar onde se corre". Kramer¹¹⁵ esclarece a metáfora com o seguinte comentário: "Uma proposta pedagógica [ou curricular] é um caminho, não é um lugar. Uma proposta pedagógica é construída no caminho, no caminhar. Toda proposta pedagógica tem uma história que precisa ser contada. Toda proposta contém uma aposta." Mais adiante comenta: "uma proposta pedagógica tem uma direção, um sentido, um *para quê*, tem objetivos."

Frisamos aqui o currículo como pretensão e proposta – a "proposta curricular". Frisamos também a aposta que este contém, aposta esta a ser assumida, com seus riscos e esperanças. Por isso mesmo, para não tornar-se um jogo irresponsável, um currículo deve conter mecanismos de avaliação contínua, com a possibilidade de correção de rota ou de métodos, possibilitando que seus resultados sejam verificados e seus objetivos efetivamente alcançados¹¹⁶.

Um princípio facilmente defensável é que a metodologia educacional deve levar em consideração o educando concreto e particular que está na escola, em contato com seus professores, na sua situação social e histórica específica. O currículo (ou a proposta curricular) deve deixar espaço para esta consideração, o que exigirá a contínua adaptação metodológica citada acima – e que constitui o caminho da proposta curricular, no sentido dado por Kramer¹¹⁷.

Por outro lado, a escola refere-se, com seus valores, objetivos e métodos, à sociedade da qual faz parte, e deve possuir mecanismos que a ponham em contato contínuo com suas instâncias. Daí o perfil de formação ser parte essencial do currículo, assim como este deve conter mecanismos de consulta social apropriados, prontos a indicar a necessidade de mudanças nos caminhos e métodos.

Um terceiro princípio é que o conhecimento tem sempre uma razão de ser, responde a um interesse¹¹⁸, ou, no caso da engenharia, atende à resolução de um problema definido de acordo com os interesses profissionais, considerados os valores da escola. De imediato podemos dizer que é possível organizar os conhecimentos segundo sua ordem lógica interna, ou organizá-los como "um conjunto de recursos aos quais o sujeito recorre, ao sabor das necessidades de sua ação, em função de um problema"¹¹⁹. A primeira organização corresponde ao ensino sequencial, a segunda ao ensino concorrente; as duas formas correspondendo a organizações curriculares diferentes – respectivamente reduzindo os conhecimentos a conteúdos organizados, ou, no caso do ensino concorrente, exigindo a escolha de problemas e a definição de competências, a partir dos quais o aprendizado pode ser organizado. Cada uma destas formas corresponde a uma resposta diferente à pergunta sobre o interesse do conhecimento, trazendo consigo suas consequências metodológicas¹²⁰.

Expressões relacionadas, no contexto que nos interessa, são "plano de curso" e "organização dos estudos", desde que estejam no formato de uma proposta, a ser modificada ou adaptada de acordo com objetivos, valores e direções explícitos. Estes podem estar expostos através da especificação de

¹¹⁵ S. Kramer, *Propostas pedagógicas ou curriculares: subsídios para uma leitura crítica*, in VV. AA. *Currículo: políticas e práticas*; Campinas, SP: Papirus Editora, 2002, p. 165 – 183.

¹¹⁶ Temos aqui o conhecido princípio da "realimentação do erro", ou *feedback*. "Erro" aqui é entendido como a distância entre o que é realmente obtido e os objetivos ou direções pré-estabelecidos. A realimentação permite elaborá-lo e corrigi-lo.

¹¹⁷ Muito facilmente um "currículo" contém apenas listas de conteúdos, ou uma lista fixa de atividades, sem menção alguma ao aluno concreto, como se a educação fosse dirigida a um ser abstrato, o aluno passivo da educação tradicional. O texto acima foi construído de forma a nos demarcarmos fortemente desta concepção, apesar dos diagramas apresentados a seguir – que estabelecem etapas de uma construção – não permitirem o aparecimento explícito do sujeito do aprendizado: o aluno. Esta discussão aparece nas discussões das diferentes metodologias didáticas e no problema, ainda em aberto, de como representar a transposição didática levando em consideração o contexto e o aluno.

¹¹⁸ J. Habermas, *Connaissance et intérêt*. Paris, França: Gallimard, 1976.

¹¹⁹ Perrenoud, *op.cit.*

¹²⁰ M. A. da Silveira e L. C. Scavarda do Carmo, *Sequential and Concurrent Teaching: Structuring Hand's-On Methodology*, *IEEE Trans. Education*, Vol. 42, n. 2, p. 103-108, maio 1999

valores, competências, conhecimentos, *savoirs-faire* e atitudes, que conduzem – através de uma argumentação a ser apresentada na proposta curricular – à listagem e à descrição das atividades e disciplinas propostas (que, a rigor, dependerão do aluno concreto que estiver diante do professor)¹²¹.

Reunindo a conceituação acima, podemos compor um quadro teórico de composição do currículo, exposto diagramaticamente a seguir.

¹²¹ M. A. da Silveira, L. C. Scavarda do Carmo e W. P. Longo, Comments on the Design of Engineering Curriculum and the Choice of Didactic Strategies, in *Engineering Education and Research 2002 – a Chronicle of Worldwide Innovations*. Arlington, VA, USA: Begell House Publishers, 2002.

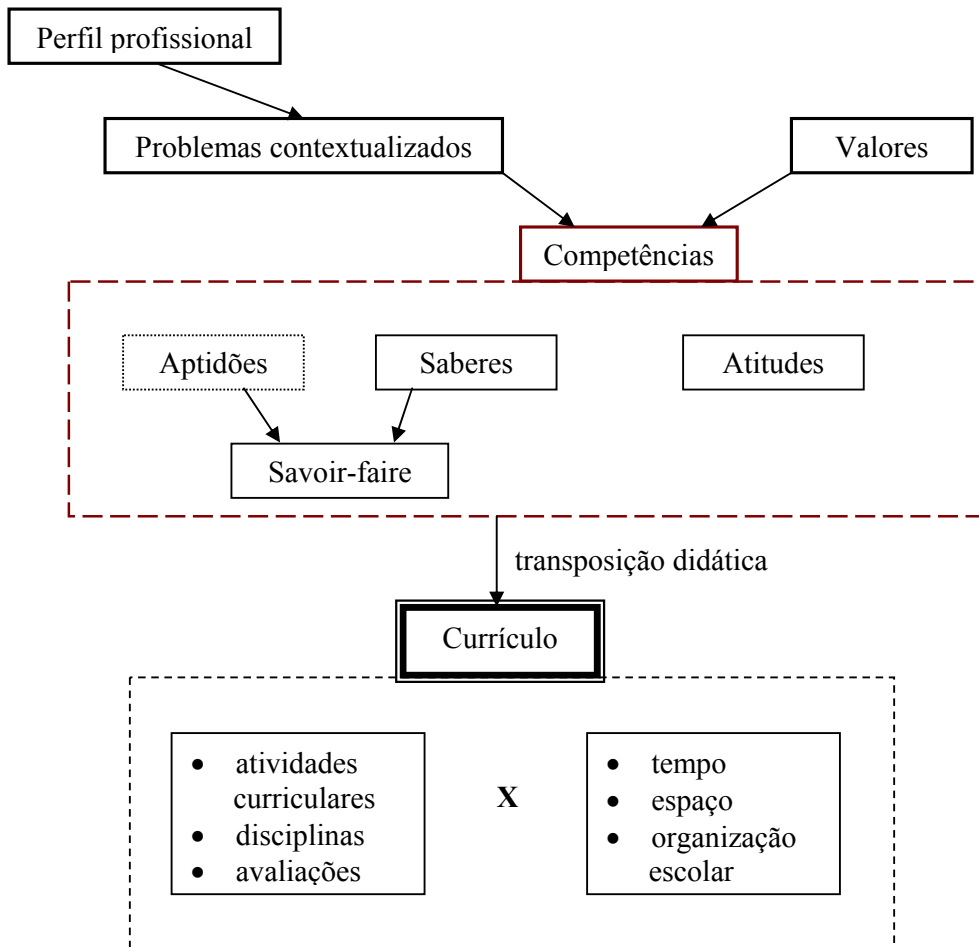


Figura II.1: Primeiro diagrama de formação do currículo.

O conceito de currículo acima apresentado mostra que este deve ser organizado, posto em prática e avaliado por seus principais executantes: os professores e a comunidade acadêmica, na qual deve se incluir a escola (sua administração e seu pessoal) e os alunos (ou seus representantes); mas ouvindo o ambiente externo à escola: a sociedade, sua cultura e seus valores e o mercado de trabalho.

As aptidões são supostas já adquiridas pelo sujeito do aprendizado e são necessárias, especialmente, nos *savoirs-faire*; os valores influenciam as competências e são referenciados diretamente nas atitudes; e as competências definem o campo onde saberes, *savoirs-faire*, atitudes e valores levam à definição do currículo (isto é, escolha das atividades pedagógicas e de sua organização no tempo e no espaço). O problema da organização deste campo de forma a compor o currículo será um assunto tratado em outros capítulos. Primeiro, será discutida a escolha de valores, competências, saberes, *savoirs-faire* e atitudes, assunto do próximo capítulo. Depois a escolha do currículo e da pedagogia associada, desenvolvendo a noção de transposição didática proposta por Perrenoud¹²².

O termo "pedagogia", utilizado no parágrafo anterior, deve ser "compreendido no sentido amplo de uma atividade social que engloba a seleção de saberes a serem transmitidos pela escola, sua organização, sua distribuição numa instituição diferenciada e hierarquizada, sua transmissão por agentes

¹²² Ph. Perrenoud, La transposition didactique à partir des pratiques: des savoirs aux compétences, in *Revue des sciences de l'éducation*, Vol XXIV, n. 3, p. 487-514 (acessível no site do autor).

especializados e sua avaliação por métodos apropriados”, citando Tanguy. Esta distribuição, em especial a importância relativa das diferentes competências exigidas frente ao exercício profissional, depende do que será chamado de “perfil de formação” de uma escola determinada. Antes de estudarmos este conceito (para um curso de engenharia), precisamos descrever as atividades profissionais de engenharia dentro de um quadro teórico que permita captar suas principais inflexões em vista de uma organização curricular. Este é o assunto da próxima seção.

II.2. Um quadro teórico descrevendo as atividades da engenharia

Consultando as chamadas de emprego e as descrições de cursos de engenharia é possível destacar quatro campos de informação descrevendo o exercício da profissão de engenharia. Estes campos não são complementamente independentes, e aparecem confundidos nas descrições habituais de cursos de engenharia e das atividades em si.

Um primeiro campo é o das “funções” exercidas: de técnico especializado, passando por técnico generalista, gerente técnico, e chegando a gerente com visão de mercado¹²³ e gerente corporativo, existindo diferentes gradações intermediárias, segundo a empresa. Costuma ser organizado de forma hierárquica, seguindo os cargos. Mas não é o mesmo conceito: em uma estrutura matricial moderna, o gerente de uma área focal de pesquisa (um gerente de produto, na nomenclatura clássica) pode ser tão importante quanto os gerentes das áreas comercial e de produção.

Ver o caso da PETROBRAS, uma empresa complexa, desenvolvendo inovações tecnológicas e novas formas de distribuição e comercialização do que produz, não se limitando a produção e venda de petróleo e derivados. Apesar do diretor do CENPES (Centro de Pesquisa da PETROBRAS) ser associado a um gerente corporativo, pode voltar a dirigir uma área de pesquisa de ponta (dutos, por exemplo), sem que isso seja considerado um rebaixamento. Apenas, as atribuições relevantes passam a ser outras: de gerente responsável por parte da política institucional (e da administração tradicional) a responsável pelo desenvolvimento de um produto estratégico, onde usa uma insubstituível experiência tecnológica (e científica).

¹²³ O que, na França, é chamado de “cadre”.

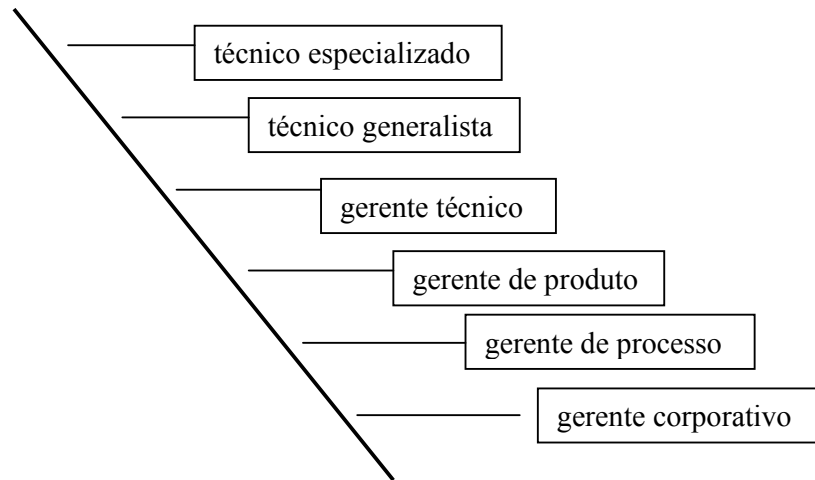


Figura II.2: Eixo das funções exercidas (caso hierárquico).

Não confundir a função exercida com o papel social do engenheiro (resultado de uma percepção externa ao exercício da profissão) ou, como já apontado acima, com o cargo ocupado pelo profissional¹²⁴. No Brasil, até recentemente, o engenheiro era visto como um gerente técnico, comandando técnicos ou operários. Engenheiros trabalhando em funções essencialmente técnicas (mesmo na pesquisa) ou na área de desenvolvimento comercial de produtos são ainda vistos como "fora da profissão"¹²⁵. No entanto, estas duas funções são específicas de engenheiros na maior parte da Europa, mesmo se preenchidas por engenheiros advindos de formações diferenciadas (IUT¹²⁶ ou Fahohschule e Ingénieur de uma Grande École ou de uma Hochschule, respectivamente). As mudanças propostas a partir dos anos 80 nos EEUU representam a necessidade de trazer a formação em engenharia naquele país, antes cantonada nas funções técnicas especializadas (essencialmente técnicos de nível superior), para uma visão mais aberta, abrangendo a inovação e o gerenciamento industrial, econômico e financeiro. Na França, cada escola é voltada essencialmente para apenas uma dessas funções, como veremos no estudo de caso apresentado mais abaixo.

Um segundo campo é o da profundidade e tipo de conhecimento necessário: de simples treinamento técnico a um conhecimento científico aprofundado ou uma formação social ou gerencial aprimorada¹²⁷, lembrando que a formação tecnológica (não a formação técnica especializada) é uma característica essencial do engenheiro. Uma ponta do campo é a formação de um técnico conhecendo apenas o estado da prática em sua área (um mestre de obras, por exemplo). Uma posição intermediária é a de um engenheiro com conhecimento do estado da técnica (às vezes desvinculado de um bom conhecimento do estado da prática). Outra ponta do campo corresponde a engenheiros com conhecimento do estado da arte, ou mesmo da ciência subjacente (como apresentado no Apêndice a este

¹²⁴ Convém lembrar: o papel social de um engenheiro é a função esperada e/ou exercida pelo engenheiro no seu contexto social, e que o identifica socialmente como tal. Fora desta função se dirá, naquela sociedade e naquele momento histórico, que "o profissional não trabalha como engenheiro".

¹²⁵ Ver Sandra R. da Rocha Pinto, A educação profissional de nível técnico à luz do modelo de competências: uma análise comparativa da implantação de três propostas institucionais. *Tese de Doutorado*, Departamento de Educação, PUC-Rio, 2000. Neste texto é mostrada a insatisfação dos técnicos formados pelo SENAI-RJ, que nem se sentem como técnicos especializados (ficam insatisfeitos nesta posição), nem como engenheiros (sentem-se pouco capacitados), isto é, gerentes técnicos.

¹²⁶ Institut Universitaire Technique, que fornecem, na França, cursos tecnológicos curtos, mas de nível superior. As Fahohschüles fazem o mesmo na Alemanha.

¹²⁷ Este segundo campo é uma particularização dos eixos de formação apresentados por G. Lespinard no ICEE99, em Óstrava e Praga.

capítulo). As demais pontas consideram a formação social & gerencial aprofundada, e a formação humanística & ética aprofundada. De fato, qualquer posição intermediária é possível - ver a Figura II.3.

De um engenheiro estadunidense formado em um *college* (ou do *incorporated engineer* inglês, ou do *ingenieur* formado em uma *Fahohschule*) não se espera mais que um conhecimento técnico (limitado ao estado da técnica em sua especialidade). Fala-se de instrução ou de treinamento¹²⁸. Já do *ingénieur* francês formado em uma Grande École, ou do engenheiro saído de uma "research university" estadunidense ou de Cambridge (na Inglaterra), espera-se uma formação científica mais profunda e uma formação social e gerencial aprimorada (estado da arte e formação científica), embora um conhecimento do estado da prática e da técnica reduzido essencialmente aos trabalhos executados em algum estágio técnico.

Claro, estas questões estão associadas ao seu papel social. A observar que há uma expectativa de que a formação social¹²⁹ ou gerencial e a formação científica – em engenharia – tenham níveis de profundidade correlacionados. Esta expectativa é confirmada pelas pesquisas sociológicas, fato mais determinado pela origem social dos profissionais e pelo processo de seleção das escolas de maior prestígio – associados aos papéis sociais esperados de seus alunos – do que por uma lógica implícita às duas formações¹³⁰.

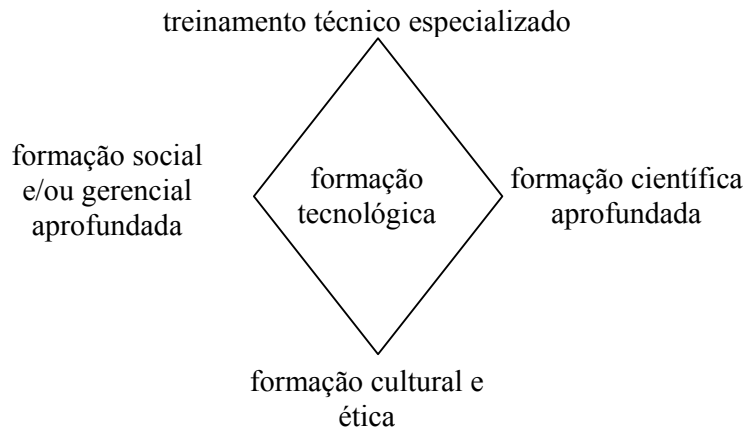


Figura II.3: Campo das formações (considerando sua profundidade).

Um terceiro campo corresponde às disciplinas da engenharia, divisão dos saberes relativa às classes de problemas que são tratados, ou ao tipo de produto ou serviço. Por exemplo:

- arquitetura e urbanismo¹³¹,
- biotecnologia e ambiente,
- energia,
- engenharia civil,
- engenharia dos materiais (incluindo metalurgia),
- engenharia mecânica,
- engenharia química,
- redes e sistemas de informação,
- serviços e sistemas sócio-econômicos,
- sistemas de transporte e logística,
- sistemas elétricos e eletrônicos,
- telecomunicações,

¹²⁸ M. Dodridge, Convergence on engineering higher education – Bologna and beyond, Proceedings of the Ibero-American Summit on Engineering Education; São José dos Campos, SP: UNIP, 2003.

¹²⁹ Aqui entram a "formação humanística" e a "formação ética", por exemplo.

¹³⁰ Bourdieu, *op. cit.*

¹³¹ Na França fala-se de "aménagement", incluindo a organização dos equipamentos em áreas rurais.

- etc.

Como toda organização disciplinar, a lista acima é arbitrária, podendo-se colocar novas divisões, como alimentos, aviônica, automação ou engenharia náutica, por exemplo. E organizá-las em uma árvore disciplinar. Não é necessário que as classes sejam excludentes: "aeronáutica" pode ser considerada uma sub-classe de "mecânica", mas aparece a partir de um problema suficientemente complexo para que tenha desenvolvido um conjunto de técnicas específicas suficientemente grande para merecer, se preciso, sua posição destacada.

As propostas apresentadas pelo sistema CONFEA/CREAs partem de uma metodologia diferente¹³². Trabalham com uma classificação mínima, considerando apenas os suportes materiais e não os problemas tratados: civil, elétrica, materiais, mecânica e química. Esta classificação revela-se pobre demais para separar de forma útil o conjunto de técnicas atuais. Ela ignora suportes não-físicos ou suportes vivos, como biotecnologia, logística, sistemas informáticos – todos no coração da engenharia de ponta atual.

Por exemplo, o objeto de estudo de um engenheiro de transporte ferroviário dedicado à logística deste transporte não é o trem ou os trilhos, mas a movimentação dos vagões e locomotivas modelada como um problema de programação matemática. O modelo mecânico do trem é irrelevante: a base material não determina o problema ou as técnicas utilizadas! Por isso preferimos fundamentar a classificação sobre problemas de engenharia, e não sobre suportes materiais.

A notar que engenheiros generalistas devem possuir uma visão geral de várias dessas disciplinas. Neste caso, cabe perguntar o que este engenheiro sabe fazer. Deles, atualmente, costuma-se esperar uma forte capacidade de gestão, isto é, especialização em serviços e sistemas sócio-econômicos, o que foge ao que é representável pela classificação mínima. Ou então que conheça de cada disciplina o pouco que poderá ser utilizado por uma pequena empresa em determinado contexto histórico-geográfico.

Este terceiro campo corresponde, de certa forma, à classificação de setores de atividade industriais, apresentada pelas confederações industriais: indústria (aeronáutica, civil, elétrica, mecânica, naval, etc.) e serviços (alimentação, bancos, financeiras, seguros, etc.). Não é exatamente igual à lista destes setores porque nasce da definição acadêmica dos saberes a serem utilizados, enquanto os setores industriais são definidos pelos produtos e serviços finais obtidos.

Um quarto campo pode ser chamado de "domínios de atividade", correspondendo ao que na França é chamado (impropriamente) de "*filières professionnelles*". Define o escopo da atividade de um dado engenheiro, a direção em que focaliza sua atenção e os limites de sua atuação. Esta classificação aparece nas chamadas de emprego e na definição das atividades de empresas terceirizadas. Uma listagem poderia conter:

- 1) pesquisa e desenvolvimento
 - a) analistas
 - b) concepção (produtos, serviços, sistemas, organização, urbanismo, etc. – desenvolver o estado da técnica ou o estado da prática)
 - c) pesquisa (desenvolver o estado da arte e/ou as "ciências da engenharia")
- 2) produção industrial
 - a) máquinas, equipamentos e materiais (compra, instalação, manutenção, gestão)
 - b) gestão de técnicos
 - c) exploração
 - d) avaliação de riscos e de desempenhos técnicos e econômicos
 - e) ergonomia, segurança, prevenção,
 - f) etc.
- 3) administração (gestão), vendas, finanças

¹³² Por exemplo, a proposta de diretrizes curriculares do sistema CONFEA/CREAs, 1999.

- a) empreendedorismo (proposição de negócios ou criação de empresas)
- b) auditoria
- c) vendas
- d) logística industrial ou comercial
- e) gestão técnica e financeira (diversos níveis)
- f) estratégia comercial
- g) estratégia corporativa
- h) formação (treinamento, instrução, ensino – sempre necessária no ambiente empresarial quando da introdução de novas técnicas ou equipamentos)
- i) etc.

O ponto crucial é que boa parte da atividade tecnológica ou empresarial na sociedade pós-industrial não é de base material, constituindo o que é chamado de "trabalho imaterial" na área de sociologia do trabalho¹³³ - o trabalho de acompanhamento, regulamentação, organização, análise e projeto; busca, seleção e organização da informação; geração dos mecanismos informáticos apropriados; geração e manutenção da malha comercial, ou melhor, das redes de fornecedores e distribuidores que, também, recebem e encaminham demandas, saberes e possibilidades técnicas; prevenção e atendimento das demandas sociais; comunicação social (dentro da empresa e para o público/consumidores em geral; desenvolvimento e pesquisa; além de todo o trabalho (de relacionamento social e criação de redes de interesse) necessário para criar e fazer funcionar sinergicamente as equipes de trabalho e a estrutura empresarial. Isto é, um trabalho social do qual apenas parte de alguns itens cabem dentro das definições mais tradicionais da engenharia. E, no entanto, estas atividades constituem a base do aumento da produtividade social que se verifica atualmente (junto com a automação e a tecnologia da informação & telecomunicações – que as permitem e viabilizam), e agregam cada vez mais uma maior parcela da força de trabalho¹³⁴. A lista acima revela este fato, mostrando como os domínios de atividade se moveram da produção de base material para o já citado "trabalho imaterial".

Vejamos alguns exemplos na área de setores industriais. A Accentury (empresa multinacional nascida da antiga Arthur Andersen Consulting) é

¹³³ Ver M. Lazzarato e A. Negri, *Trabalho Imaterial*, Rio de Janeiro, RJ: DP&A Editora, 2001.

¹³⁴ Lazzarato e Negri, *op. cit.*, e as estatísticas anuais sobre a força de trabalho norte-americana levantadas pelo U. S. Department of Labor.

Uma situação mais fácil de ser apresentada é a do trabalho agro-pecuário: consumia mais da metade da força de trabalho norte-americana em 1850, quando não era relacionado à engenharia. Em 1992 consumia diretamente (no campo) apenas 2% da mesma força de trabalho, em um país onde a agro-pecuária está na base de boa parte da riqueza. Em 1850, à parte os grãos e o boi em pé, o transporte deste material era feito apenas a pequenas distâncias (150 km). A data é importante, pois corresponde à criação das universidades "agrícola-mecânicas", de forma disseminada nos EEUU, buscando levar a engenharia ao campo. Claro, uma das primeiras consequências da mecanização agrícola foi o êxodo rural derivado do incrível aumento de produtividade do trabalhador agrícola mecanizado. Hoje em dia há uma enorme atividade industrial, comercial e informática em torno da produção agrícola, congregando meios de transporte e distribuição, logística, frigoríficos, fábricas de enlatados e afins, chegando até a produção de variedades transgênicas de vegetais e animais, seu controle e sua regulamentação; que nos permitem encontrar salmão chileno "fresco" e saladas francesas frescas embaladas com gases raros em quase todo o mundo. Esta atividade inclui todo um sistema de informação distribuído regionalmente e globalmente e uma enorme massa de serviços (comerciais, propaganda, informática, criação e manutenção de redes de fornecedores e distribuidores, circulação de novidades e de inovações, etc.) associada à redistribuição geográfica e temporal do trabalho a ser realizado (buscando a compactação do processo de trabalho, e daí, ao aumento de produtividade, L. Meirelles, *Miniaturização e Redução da Necessidade de Trabalho, Tese de Doutorado*, Programa de PG em Engenharia Elétrica, PUC/RJ, 1991).

Quanto dos 98% da força de trabalho "não-agrícola" está sendo ocupada por toda esta atividade derivada, porém classificada dentro de diferentes setores industriais e de serviços? Sem dúvida, boa parte desta atividade é realizada sob a égide da engenharia, e não apenas a engenharia de alimentos. A notar que tanto podemos dizer que telecomunicações, informática e logística (por exemplo) são causas desta expansão, como podemos considerá-las "mera" condição de possibilidade - de acordo com o tipo de atividade que desejamos sublinhar ou com nossos pressupostos ideológicos.

especializada em auditoria, realizando também trabalhos de concepção de sistemas – mas não implementa, produz, gerencia ou mantém sistemas físicos ou lógicos (salvo os próprios). A IBM-Itália, já na década de 80 do século passado, decompôs suas atividades em um campo empresarial complexo, reservando-se gestão, desenvolvimento e a logística comercial e industrial, e terceirizando as outras atividades¹³⁵ a empresas que estavam livres, inclusive, para atender à concorrência. Sequer a montagem do produto está, atualmente, em suas mãos. O negócio da Dell Computers é planejar, montar, comercializar, distribuir e oferecer suporte técnico a computadores, periféricos e redes, o que exige enorme capacidade técnica – em especial para escolher e comprar os componentes que monta e revende e para projetar e manter os sistemas logísticos que permitem à empresa manter estoques mínimos. Esta última capacidade é o diferencial em relação às concorrentes e a grande razão de seu sucesso. A empresa não produz partes de computadores ou possui fábricas de equipamentos ou de bens materiais.

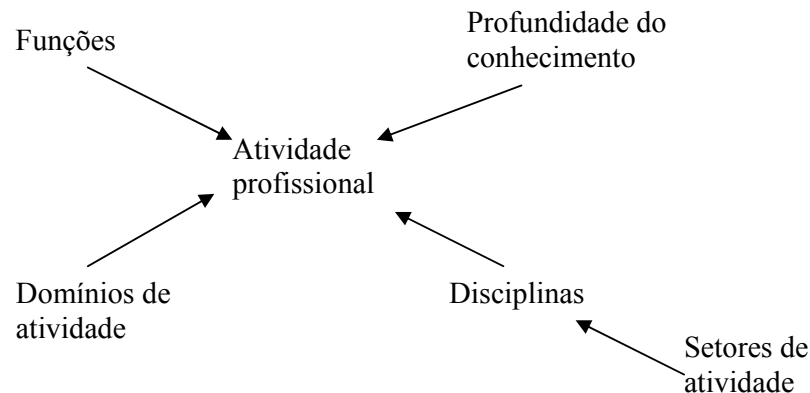


Figura II.4: Os quatro campos descrevendo a atividade profissional.

Usando os quatro campos (que possuem interseções, como já foi afirmado) é possível caracterizar a atividade específica de um engenheiro, incluindo o ambiente de trabalho e as expectativas profissionais.

Por exemplo, um engenheiro iniciante trabalhando em uma companhia de consultoria e participando de um projeto de um sistema de informação para uma companhia de telefonia – o qual não implementará ou gerenciará, a menos que mude de emprego – trabalha como técnico especializado, necessita de um bom conhecimento do estado da técnica na área de sistemas informáticos e telefônicos (o que exige uma razoável base científica), sua disciplina é a de engenharia de sistemas de telecomunicações¹³⁶, e seu domínio de atividade é concepção e desenvolvimento. Em consequência, trabalha em escritório (meios informáticos), junto à empresa de telefonia contratante (precisa de ter contato direto com quem consulta e com seus problemas), responde gerencialmente à empresa de consultoria, não gerencia pessoas ou orçamentos nem busca novos nichos de mercado ou novos clientes. A expectativa profissional é a de passar a gerenciar projetos e suas equipes (o que exigirá maior prática e, eventualmente, formação complementar), e depois passar a buscar novos clientes e nichos associados¹³⁷.

Um exemplo diferente é o de instrutor de formação do centro técnico de uma empresa britânica transmissora de energia elétrica, visitada pelo autor. Temos aqui um engenheiro sênior, com muita experiência prática, mas

¹³⁵ H. M. Caulliaux, *Estratégias de Produção e Automação: Formulação e Análise, Tese de Doutorado*, Programa de PG em Engenharia Elétrica, PUC/RJ, 1990.

¹³⁶ Incidentalmente, dados os modelos dos sistemas, as técnicas utilizadas são as mesmas da logística, isto é, a programação matemática. Os conhecimentos de telefonia entram apenas na etapa de modelagem e especificação – são "teóricos".

¹³⁷ Os exemplos são reais, e fazem parte de uma série de situações analisadas pelo autor ao testar/conceber a classificação.

trabalhando como técnico especializado, conhecimento reduzido ao estado da prática (tanto dos problemas que apresenta aos alunos quanto a técnicas de instrução) complementado com algumas explicações científicas básicas, na disciplina de engenharia eletricista e na atividade de formação. Conseqüentemente trabalha em laboratório de ensino, gerencia alunos e equipamentos de ensino, opera equipamentos técnicos de alta tensão (com os riscos associados), mas em ambiente confortável e controlado. A expectativa profissional é a de gerenciar o centro de formação, o que lhe exigirá um conhecimento novo, para o qual não foi preparado em seu curso de graduação (realizado no UMIST, Manchester, GB).

II.3. O perfil de formação

Agora é possível definir o conceito de "perfil de formação": consiste na escolha das características principais a serem perseguidas pela escola na formação dos engenheiros, dentro dos quatro campos descrevendo as atividades profissionais, seguida, eventualmente, de uma lista das competências a serem prioritariamente desenvolvidas e dos valores defendidos pela escola. De certa forma, constitui o conjunto de objetivos a serem alcançados pela proposta curricular.

Vejamos um primeiro exemplo. As Écoles Centrales francesas "... formam engenheiros generalistas para as empresas. Não somente eles dispõem de uma sólida bagagem científica, mas possuem uma visão global associando igualmente as componentes econômicas, humanas, sociais indispensáveis para uma aproximação sistêmica dos problemas, o domínio da complexidade e a antecipação indispensáveis dentro de um contexto empresarial"¹³⁸. Completando esta informação, é preciso lembrar que engenheiros saídos de uma Grande École francesa são considerados gerentes executivos (*cadres*), e nunca técnicos especializados de nível superior¹³⁹.

Nesta descrição vemos aparecer as funções (executivas), a profundidade de formação (bagagem científica), e o domínio de atividade preferencial (finanças & gestão, em especial a gestão técnica ou comercial dentro da empresa), marcadas pela formação voltada para a empresa (e não para a pesquisa acadêmica ou para a gestão pública). Esta última observação serve para demarcar o "*centralien*" do engenheiro saído das escolas voltadas para a função pública (na França), com perfis de formação próximos, como a École Polytechnique, a École de Mines e a École de Ponts et Chaussées.

Este quadro é confirmado pela apreciação da sociedade e do mercado de trabalho. A revista Capital, em pesquisa sobre as melhores escolas de engenharia francesas¹⁴⁰, solicitou que empresários qualificados classicassem as escolas francesas segundo os três sub-eixos da lista de domínios de atividade – esta classificação é reproduzida abaixo na Tabela 1. Nela podemos ver que as Écoles Centrales tem seu forte em gestão, com igualdade de ênfase em desenvolvimento e em produção industrial. Diferentemente, a École Polytechnique é apreciada por sua formação em desenvolvimento e gestão e quase desconsiderada na área de produção industrial (a escola é voltada para formar quadros do estado francês); já o Ensam (École Nationale Supérieure de Arts et Métiers) é voltado,

¹³⁸ Entrevista de Jean-Luc Jeanneau, Diretor de Ensino da École Centrale de Nantes, *L'Hippocampe* (Revista da Association des Ingénieurs Centrale Nantes), n. 38, junho de 2003.

¹³⁹ De fato, esses engenheiros irão trabalhar em pesquisa ou desenvolvimento, ou nas atividades imateriais apontadas em seções anteriores. São orientados para a gerência (e nela chegam em muito pouco tempo), mas começam, é claro, trabalhando em projetos coordenados por engenheiros seniores, quase sempre na posição de analistas ou de planejamento.

¹⁴⁰ Revista CAPITAL, Paris, França, n. 14, maio 2003, p. 96. Ver <http://www.capital.fr>.

essencialmente, para a produção industrial¹⁴¹. A classificação global à esquerda (na Tabela 1) é o resultado da ponderação destas três sub-classificações mais algumas considerações descritas no texto do artigo citado. As 15 escolas citadas possuem perfis de formação diferentes, reconhecidos como tais pelo mercado de trabalho.

Tabela 1: Classificação das escolas de engenharia francesas, segundo enquête realizada pela revista Capital (2003). Classificações iguais indicam que as escolas obtiveram o mesmo número de pontos no total da enquête. As escolas estão citadas pelas siglas pelas quais são indicadas no campo acadêmico francês.

Classificação das escolas de engenharia francesas (as principais)			
Apreciação global	Aptidão para pesquisa e desenvolvimento	Aptidão para a produção	Aptidão para finanças e gestão
1. Polytechnique Paris	1. Telecom Paris	1. Ensam	1. Polytechnique
2. Centrale Paris	2. INA P-G (Agronom.)	2. Centrale Paris	2. Centrale Paris
3. Ponts et Chaussées	3. Polytechnique	3. INA P-G	3. Mines de Paris
4. Mines de Paris	4. Centrale Paris	4. Mines de Paris	4. Ponts et Chaussées
5. Telecom Paris	5. Mines de Paris	5. Ponts et Chaussées	5. Centrale Lille
6. Supaero (Toulouse)	5. Supaero	6. Telecom Paris	6. INA P-G
7. Supelec	7. Supelec	7. Mines de St-Etienne	7. Centrale Lyon
8. INA P-G (Agronom.)	8. Ponts et Chaussées	8. Centrale Lyon	8. Mines de Nancy
9. Ensam	9. Ensta	9. Supelec	9. Supelec
10. Centrale Lyon	10. Telecom Bretagne	10. Supaero	10. Telecom Paris
11. Centrale Lille	11. Ensam	11. Polytechnique	11. Ensta
12. Ensta	12. Centrale Lyon	11. Mines de Nancy	11. Ensam
13. Mines de Nancy	13. Centrale Lille	13. Centrale Lille	13. Supaero
14. Telecom Bretagne	14. Mines de St-Etienne	14. Telecom Bretagne	14. Telecom Bretagne
15. Mines de St-Etienne	15. Mines de Nancy	15. Ensta	15. Mines de St-Etienne

Ainda neste exemplo, cabe dizer que algumas escolas restringem-se a certos campos disciplinares (Supélec: engenharia elétrica e telecomunicações, Supaero: aeronáutica, INA P-G: agronomia) e outras são generalistas, admitindo especializações variadas (segundo a escola) apenas no último ano (Polytechnique, Centrale). Isto é, o eixo disciplinar está, frequentemente, inscrito no nome da escola (École Supérieur d'Électricité: Supélec). As Écoles Centrales, que formam generalistas, encontram seus egressos nos mais diferentes setores industriais: 20% em engenharia mecânica e transportes, 15% nas indústrias aeronáutica, espacial e automotiva, 15% nos setores de consultoria e de computação, etc.

¹⁴¹ Os egressos do ENSAM, tipicamente, vão projetar, planejar ou operar o chão de fábrica, organizando (inicialmente sobre o comando de engenheiros seniores) e dirigindo equipes de operários e de técnicos de nível superior.

O perfil de formação genérico é acompanhado por uma lista de competências a serem enfatizadas na formação, o que especifica esta de forma mais completa. A École Centrale de Lille lista:

concretizar, inovar, conceber, organizar, comunicar, formar, coordenar & incentivar, e comenta que todas estas competências apontam para "empreender".

Estas competências genéricas são decompostas em dois níveis de competências mais específicas na apresentação do currículo da escola, o terceiro nível referindo-se aos problemas contextualizados exigidos na definição de competência. Isto é, a lista apresentada acima é uma indicação geral, obtida por agregação das competências em classes, facilitando sua apresentação e a discussão de seu conjunto.

Na lista usada em sua apresentação internacional em seu *site*¹⁴², estas competências são referidas de forma menos afirmativa e mais realista (pois falam do que é garantidamente obtido ao longo do curso, não de objetivos reguladores da atividade de formação, i.e, tendências ou objetivos tentativos da formação): "largo conhecimento de numerosas disciplinas científicas e tecnológicas, confortável domínio das ciências econômicas e sociais, experiência pessoal na indústria, experiência de projetos em equipe, visão global & mente aberta, potencial para gerência de alto nível [*high management*]".

Todas estas características apontam para a formação de um gerente executivo, ou melhor, de um gerente de alto nível técnico, voltado para a animação da empresa e para o trabalho em equipe. O centro da formação não é a manutenção e o desenvolvimento de equipamentos ou o gerenciamento da produção fabril, embora estas competências estejam entre as competências genéricas exigidas de todos os engenheiros franceses, conforme o critério da SEFI.

Em geral, mesmo que diretrizes curriculares nacionais ou critérios tipo ABET ou SEFI listem uma grande quantidade de competências obrigatórias a todo bom engenheiro, dentre elas há as prioritárias por uma dada escola – aquelas a serem enfatizadas na formação. Porém, segundo estes critérios, um engenheiro voltado para a manutenção de equipamentos não será considerado um engenheiro de fato se não for capaz de compreender e melhorar os projetos e o uso das máquinas pelas quais é responsável, e de estudar novas máquinas desenvolvidas para a mesma tarefa. O perfil de formação assinala os pontos mais fortes da formação, mas não supõe que os outros pontos não tenham sido contemplados.

A Tabela 1 cita as características profissionais como "aptidões" do engenheiro. O perfil de formação comunica as intenções oficiais da escola para o público interior (alunos e professores) – estabelecendo direções para o desenvolvimento curricular, e para o público exterior – uma peça de propaganda da escola. Este perfil, se atingido, é visto pelo mercado de trabalho como aptidões de seus egressos¹⁴³.

Um exemplo brasileiro é dado pela PUC-Rio: "O Curso de Engenharia ... acaba de passar por ampla reformulação, com vistas à formação do engenheiro do século XXI. Este engenheiro está preparado para ocupar posições de destaque em um contexto de trabalho que exige uma nova visão de seu papel social: o de um engenheiro empreendedor de base científica. Este engenheiro é auto-reciclável, pois aprendeu a aprender; sabe criar, projetar e gerenciar intervenções tecnológicas; sabe trabalhar em equipes multidisciplinares, pois possui sólida base científica e capacidade de comunicação; sabe avaliar os impactos sociais e ambientais de suas intervenções, reagindo de forma ética; e é

¹⁴² <http://www.ec-lille.fr>.

¹⁴³ Do ponto de vista do mercado de trabalho, "aptidões" do egresso são as competências previstas no currículo, agora já adquiridas. É o ponto de vista de quem já encontrou o profissional formado, e irá contratá-lo. Esse exemplo ilustra algumas das relações nada óbvias entre as palavras usadas neste contexto e os conceitos utilizados.

um empreendedor, construindo o próprio futuro."¹⁴⁴ Em um outro trecho do mesmo texto encontramos: "O que distingue o nosso aluno é uma formação alicerçada em um currículo que inclui um núcleo básico de disciplinas obrigatórias, essenciais para a escolha consciente da carreira a seguir, e um leque de disciplinas eletivas, que permite estabelecer o seu ritmo, planejamento e objetivos." O texto continua apresentando a qualidade da pesquisa na universidade.

O perfil fala, implicitamente¹⁴⁵, da função esperada (técnico especializado e gerente, ao menos ao gerenciar o próprio destino), da profundidade de formação (larga base científica, que é usada como argumento para a capacidade de trabalhar em equipe), e dos domínios de atividade (pesquisa e desenvolvimento, empreendedorismo). Três valores são afirmados (ética, determinação e autonomia), e algumas competências citadas explicitamente.

O folheto informa ser a PUC-Rio uma universidade de pesquisa, isto é, um ambiente propício à formação para pesquisa e desenvolvimento, mas não menciona explicitamente o termo "empresa", seguindo assim a tradição acadêmica brasileira, que refere a excelência de formação apenas ao ambiente de pesquisa¹⁴⁶. O mercado de trabalho é referido implicitamente através da frase central: "Este engenheiro está preparado para ocupar posições de destaque em um contexto de trabalho que exige uma nova visão de seu papel social: o de um engenheiro empreendedor de base científica." Não é possível referenciar o contato direto do aluno com empresas (formação junto a empresas, etc.) porque o contato da escola com o mercado de trabalho é feito, essencialmente, através de contratos de pesquisa com empresas de alto nível tecnológico (setor elétrico, Petrobras, etc.). Lembremo-nos que não há, no Brasil, instituições voltadas para a formação específica de engenheiros para o estado (como na França), salvo o Instituto Militar de Engenharia e a Escola Naval¹⁴⁷.

Ora, os alunos do CTC/PUC-Rio ocupam o mesmo tipo de posição no mercado de trabalho que os alunos das Écoles Centrales, dirigindo-se em parte para as áreas gerenciais e de consultoria e auditoria. Isto é consequência do mercado de trabalho carioca, da classe social que frequenta a universidade, e das possibilidades de formação devidas à flexibilidade de seu curso. De fato, a maior parte dos egressos do CTC/PUC-Rio são habilitados (eventualmente em dupla habilitação) como engenheiros de produção, o que, no contexto da escola, implica em forte formação gerencial¹⁴⁸. A flexibilidade do curso, afirmada no texto citado, permite aos alunos direcionarem suas formações individuais na direção do mercado de trabalho, gerando uma certa contradição entre o perfil de formação anunciado (que frisa "pesquisa e desenvolvimento" – conforme o padrão nacional e o desejo de seus professores) e o resultado obtido (onde as competências em "gerência, finanças e administração" são mais procuradas – conforme a demanda do mercado de trabalho e o desejo dos alunos, já que aí estão os maiores salários). Observamos que o rótulo "engenheiro empreendedor de base científica", um tanto ambíguo, não é desmentido nesta análise...¹⁴⁹

¹⁴⁴ Folheto de propaganda do CTC/PUC-Rio, entregue a colégios, candidatos e novos alunos, 2003.

¹⁴⁵ O discurso brasileiro sobre engenharia é centrado na capacitação técnica, havendo resistência à visão de um engenheiro gerencial, com formação dirigida para esta função. Isto explica o cuidado da frase citada, com referências indiretas a esta função.

¹⁴⁶ Resultado de sua história, onde o aumento de qualidade dos cursos foi obtido indiretamente, como consequência do desenvolvimento dos cursos de pós-graduação, estes voltados para formar professores pesquisadores, e não engenheiros.

¹⁴⁷ Esta última oferece o curso de graduação em ciências navais (com várias especialidades) e a habilitação em engenharia mecânica operacional.

¹⁴⁸ O autor, professor da PUC-Rio, tem acesso às suas estatísticas internas. Cabe lembrar que o aluno da PUC-Rio só escolhe sua habilitação em engenharia após terminar o Ciclo Básico, podendo cursar duplas habilitações com algum esforço e algum tempo a mais na universidade.

¹⁴⁹ Foram usados dois exemplos: um francês, o que permite usar as estatísticas nacionais daquele país e os estudos sociológicos lá realizados, e um brasileiro. Não há, no Brasil, estatísticas nacionais tão cuidadosas, os resultados do Provão não possibilitando este tipo de análise. A PUC-Rio foi usada por ser conhecida do autor, e para evitar melindres políticos com outras escolas. É possível desenvolver

Voltando à discussão geral, vemos que os diferentes eixos se recortam, assim como ocorre com as atividades de engenharia. Por exemplo, a intensidade da formação científica (ou técnica, ou gerencial) pode ser deduzida de outras informações ou características particulares, como "formação internacional" ou "empreendedorismo".

Outras características – de fato, competências, valores ou atitudes particulares – são citadas com ênfase nos perfis de formação para valorizar ou distinguir o título da escola. Aqui entram a "formação humanística" e a "formação ética", tão prezadas nos textos de apresentação do MIT, da PUC-Rio e da École Centrale de Paris.

A flexibilidade de alguns cursos¹⁵⁰ provoca uma consequência curiosa na representação proposta acima: cita-se uma categoria muito geral, englobando diferentes especializações, dentro da qual o aluno pode fazer sua escolha personalizada. Esta estrutura permite (não sem esforço ou custo adicional) que a escola apresente mais de um perfil de formação, embora cada aluno só persiga um deles. Assim, na PUC-Rio, um aluno pode orientar-se para a pesquisa, ignorando a ênfase gestão na sua formação (embora cumpra o mínimo exigido de um engenheiro pelas diretrizes curriculares), ou desenvolver a sua visão gerencial, sem ênfase nas características associadas à pesquisa acadêmica. Esta flexibilidade está associada à formação de cientistas (matemáticos, físicos, químicos, pesquisadores em "ciências da engenharia") e engenheiros no mesmo ambiente (o Centro Técnico Científico da PUC-Rio). Outro exemplo é a "formação internacional"¹⁵¹, anunciada pela USP, UNICAMP, PUC-Rio e Écoles Centrales francesas, por exemplo. Esta formação só pode atingir poucos alunos, mas é uma possibilidade real e desejada – e assim altera as expectativas de todos os alunos e cria um ambiente diferente, que se reflete em seu perfil de formação.

II.4. A estrutura curricular de um curso de engenharia

Estabelecido o perfil de formação e uma lista de valores, competências e atitudes para o engenheiro a ser formado pela escola, aparece o problema de como organizar o currículo – o que inclui a escolha da metodologia pedagógica.

Os cursos diferem, na sua estrutura formal, quer:

- pelo cadenciamento no tempo: trimestres, semestres, anuais ou mixtos;
- pela tipo de grade curricular: sequencial seriada (como no IME), por ciclos (como na PUC-Rio), por módulos (como na ENST-Paris), matricial (como na EC-Lille), além de diversos tipos intermediários;
- pela escolha das atividades pedagógicas possíveis (donde situáveis na grade);
- pelo nível de obrigatoriedade das atividades pedagógicas escolhidas.

Uma dada atividade pode ser:

- obrigatória para todos os alunos,
- opcional (o aluno escolhe um certo número dentro de um grupo de opções que desenha a habilitação, ou ênfase, ou especialidade),

outros exemplos no Brasil (USP e UNISINOS, por exemplo) e no exterior (MIT, por exemplo), para os quais existem textos definindo os perfis de formação.

¹⁵⁰ Ver a discussão do conceito de "flexibilidade curricular" em da Silveira, M. A., da Silva, C. T. C. e Speranza Neto, M., A Engenharia de Controle e Automação na PUC-Rio: Uma Habilitação Multidisciplinar, Anais do XII Congresso Brasileiro de Automática, CDROM, Uberlândia, MG, setembro de 1998 (<http://www.ctc.puc-rio.br/icee-98>).

¹⁵¹ Isto é, um grande incentivo ao intercâmbio internacional de estudantes, em especial em programas de dupla diplomação em engenharia, buscando manter uma porcentagem significativa de estudantes estrangeiros ou de estudantes em intercâmbio. Ver os sites das escolas citadas para maiores explicações, ou L. C. Scavarda do Carmo, M. A. da Silveira e P. De Santis, Multinational Higer Education and Certification in Engineering, Proceedings of the Int. Conf.on Eng. Education at Taiwan, CDROM, Taipé, Taiwan: Taiwan National Science Council, 2000 (ou www.icee2000.nctu.edu.tw) para uma explanação do conceito.

- ou eletiva (isto é, o aluno escolhe livremente em uma grande lista).

A maior flexibilidade do curso corresponde a um maior número de opções (o que inclui poder transitar entre perfis de formação diferentes) ou a um maior número de horas (ou créditos) atribuídos a atividades eletivas.

Uma rápida pesquisa internacional nas descrições dos cursos de engenharia permite levantar o seguinte conjunto de atividades pedagógicas:

- Disciplinas em sala de aula ou laboratório: conferências (cursos magistrais), exercícios ou trabalhos práticos.
- Projetos: problemas postos pelo professor ou pela pesquisa acadêmica (iniciação científica), ou definidos a partir do interesse de empresas. Podem ser de curta duração ou longa duração (de trabalhos de um a dois meses a projetos de dois anos, organizados por etapas), executados na escola com eventuais visitas e colaborações externas. Casos especiais: cursos de introdução à engenharia¹⁵² e competições entre grupos de alunos em torno da resolução de um problema¹⁵³.
- Estágios em empresas. Três tipos de estágio: conhecimento da empresa (de simples visitas a *trainee*), análise e vivência de um posto de trabalho, "aluno-engenheiro"¹⁵⁴ (projeto e execução de um produto ou serviço sob a coordenação de um engenheiro da empresa); podendo o estágio ser supervisionado pela escola ou não.
- Estágios em laboratórios de pesquisa, incluindo aí os habituais trabalhos de iniciação científica e tecnológica, formalizados ou não através de bolsas de estudo.
- Visitas a empresas e conferências de empresários e engenheiros (estudo de casos).
- Atividades esportivas, culturais ou de interesse social: organização dos eventos e participação efetiva (usados para o desenvolvimento do espírito de equipe e da personalidade empreendedora).
- Desafios e competições inter-universitárias (mini-baja, aerodesign, guerra de robôs, etc.).
- Empresa júnior, escritório modelo, incubadora de empresas.
- Forum de empresas: apresentações, feiras e mostras trazendo empresas à escola e estabelecendo contatos profissionais. Conta tanto a sua organização pelos alunos, como a participação destes: contato com as empresas participantes (palestras e estandes) e a realização de testes de seleção para estágios ou empregos.
- Intercâmbio de estudantes e programas de dupla diplomação.
- Especialização (ou outra especialização) em outra escola ou país.
- Preparação para mestrado ou doutorado: atividades de pós-graduação integradas ao curso de graduação. Esta atividade exige uma estrutura especial dos cursos de graduação e pós-graduação (modular, por exemplo), facilitando sua interação.
- Ano (ou semestre) de estágio em tempo integral, ou ainda um período sabático, onde o aluno descobre outra formação.

Trabalhos de fim de curso e dissertações/teses de diploma (exigidos na Alemanha e na Itália) podem ser tratados como projetos ou como estágios supervisionados, singularizados pela posição final na obtenção do diploma.

¹⁵² M. A. da Silveira, T. Costa, L. C. Scavarda do Carmo e J. A. Parise, A Hand's-On Course for 500 Students: "Introduction to Engineering" in PUC-Rio, in *Proceedings of the ICEE98*, CDRom. Rio de Janeiro, RJ: CTC/PUC-Rio, 1998.. Ver <http://www.ctc.puc-rio.br/icee-98>

¹⁵³ M. A. da Silveira, M. S. da Silva, M. R. de Freitas e C. R. Kelber, Hand's-On Teaching and Entrepreneurship Formation: An Example on Electrical Circuits Courses, in *Proceedings of the ICEE98*, CDRom. Rio de Janeiro, RJ: CTC/PUC-Rio, 1998. Ver <http://www.ctc.puc-rio.br/icee-98>.

¹⁵⁴ Na França usa-se a expressão "*élève-ingénieur*", de onde geramos o termo. A expressão estagiário, no Brasil abrange outras ocupações, inclusive a de "mensageiro de luxo".

Um conceito interessante é o de "atividades transversais": disciplinas e projetos utilizando e complementando diferentes disciplinas, agregando a formação do aluno em torno de uma atividade de engenharia (pesquisa ou projeto). Pressupõe a existência de um tipo de atividade ou direção principal no currículo, em relação à qual as demais seriam transversais. Por exemplo, se o curso é organizado, essencialmente, por sequências de cursos magistrais orientados segundo a exposição sequencial da disciplina de engenharia sendo cursada (situação tradicional), um projeto multidisciplinar ou uma atividade junto à empresas são atividades transversais.

A seguir serão mostrados alguns exemplos ilustrando a diversidade das estruturas de cursos de engenharia existentes atualmente.

No Brasil os cursos de engenharia são centrados em aulas magistrais, com um maior ou menor número de aulas em laboratório, e a exigência de um Trabalho de Fim de Curso e um estágio supervisionado. Qualquer outra atividade é dita "extra-curricular", em especial as atividades de contato com empresas e com o mercado de trabalho. Onde são atividades secundárias... O mercado de trabalho costuma ser percebido apenas através dos professores (suas opiniões e suas consultorias).

Há exceções a esta estrutura, como o curso de Engenharia de Produção da UFRJ, que exige uma disciplina implicando um projeto ou estágio por semestre, junto a uma empresa. O curso de Engenharia Mecânica da PUC-Rio propõe um semestre de estágio (não obrigatório), em estágio integral junto à uma empresa, que não parece atrair os alunos.

Como exemplo de outra estrutura, o curso de Design da PUC-Rio (não sujeito às obrigações dos currículos mínimos de engenharia) é organizado em torno dos Laboratórios de Design (I, II, III, IV, etc...), as demais disciplinas sendo tratadas como complementares – porém obrigatórias. O recente curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Rio também é organizado em torno de disciplinas de projeto obrigatórias, semestre a semestre, seguindo o mesmo modelo. Um caso extremo de organização de todo um curso de engenharia baseado em "*problem based learning*", isto é, em disciplinas de projeto, é o modelo de Aalborg¹⁵⁵, desenvolvido na Universidade de Aalborg, na Dinamarca.

Uma teorização deste tipo de atividade – as disciplinas de projeto – estendendo-o à estrutura do curso, é o ensino concorrente, principalmente na sua forma mista, onde o curso é organizado a partir de projetos, com disciplinas ou atividades sequenciais aparecendo como atividades complementares ou preparatórias, atendendo à estrutura ou à extensão dos corpos teóricos a serem dominados¹⁵⁶. Outra teorização, sem abordar os aspectos cognitivos, mas discutindo profundamente a organização curricular, é o "*problem based learning*", tema frequente nos congressos em educação em engenharia, e bem sumarizado nos trabalhos de F. K. Fink¹⁵⁷.

Na Alemanha, há a obrigatoriedade de um estágio em empresa na parte básica do curso (*Studien Arbeit*), e um último ano quase completamente dedicado a um estágio em empresa (*Diplom Arbeit*) e à preparação de uma "tese de diploma", sendo esses considerados a parte nobre do curso. Períodos de cesura junto a empresas são incentivados. No entanto, as opções possíveis para as disciplinas tradicionais encontram-se dentro da especialidade escolhida (máquinas elétricas, por exemplo), com pouca abertura a formações complementares

¹⁵⁵ F. K. Fink, *Innovations in engineering education - the Aalborg model*, Sessão plenária da IASEE2003, São José dos Campos, 2003, <http://www.univap.br/iasee>. Outras informações no site do autor, <http://elite.auc.dk/fkf>, e no site da Universidade de aalborg, <http://esn.auc.de>.

¹⁵⁶ M. A. da Silveira e L. C. Scavarda do Carmo, *Sequential and Concurrent Teaching: Structuring Hand's-On Methodology*, *IEEE Trans. Education*, Vol. 42, n. 2, p. 103-108, maio 1999.

¹⁵⁷ Ver <http://elite.auc.dk/fkf> e <http://ucpbl.org>, o site do Global Unesco Center for Problem Based Learning.

(administração, gerência, etc.), sendo a quase totalidade das disciplinas obrigatórias (cada escola com sua lista).

Na França, considerando apenas as Grandes Écoles, os dois primeiros anos ocorrem nas *classes préparatoires*, onde o ensino é completamente tradicional (cursos magistrais, aulas de exercício e de laboratório). Os três anos seguintes são bastante livres, sendo o último deixado à especialização, que, frequentemente, é feita em outra escola. Nos dois anos intermediários encontramos desde cursos tradicionais, com um estágio anual obrigatório em empresa (estágios de um a três meses), até cursos completamente organizados em torno de projetos obrigatórios de dois anos de duração (definidos em conformidade com o interesse de empresas) associados a estágios durante as férias.

Seguindo o exemplo já discutido, as Écoles Centrale assinalam 1800 horas de contato com os alunos ao longo dos dois anos, 50% em formação científica e tecnológica, 50% em preparação para vida social, atividade profissional, realização de projetos e atividades em laboratório, além da preparação para formação internacional (línguas, cultura geral, etc.). Este número de horas não considera os estágios. A EC-Lille assinala que o projeto central ocupa, ele só, 300 horas (em dois anos), e os estágios em empresa ocupam 4 meses. Nesta escola, o último ano é dividido em 435 horas para disciplinas de especialização (incluindo trabalhos práticos), 180 horas para disciplinas e treinamentos voltados para o domínio de atividade (com um mínimo de 25 horas para cada um deles), 150 horas dedicados a um projeto, e cinco meses de estágio em empresa.

Evidentemente, estas escolas possuem todo um secretariado voltado exclusivamente para a obtenção e acompanhamento de estágios, e para o contato com os antigos alunos – caminho fundamental para a obtenção de fundos (reversão para a escola da isenção de impostos para treinamento e educação), de estágios e de temas para projetos.

Nos EEUU, seja em universidades de pesquisa, seja em *colleges* de importância local, as disciplinas são organizadas em grupos (ciências matemáticas, ciências físicas, ciências biológicas, ciências sociais, humanidades¹⁵⁸), sendo o aluno obrigado a fazer um número mínimo de disciplinas em cada grupo, sobrando espaço para disciplinas eletivas. Desta forma, Cálculo I, Física I e algumas outras poucas disciplinas acabam obrigatórias, sendo as demais optativas. A formação especializada (em engenharia) é organizada da mesma forma, devendo o aluno escolher uma razoável porcentagem em um tema principal (*major*) e uma menor porcentagem em um segundo tema (*minor*). O contato direto do aluno com empresas não é a norma (mesmo sendo proposto episodicamente), tendo sido lançado como grande novidade pelos cursos "hands-on"¹⁵⁹ e proposto pela MicroSoft¹⁶⁰, recentemente, como uma grande mudança na formação. Esta autarquia das escolas em relação ao mercado de trabalho explica a enorme importância, neste contexto, dos desafios intra-universitários, como o mini-baja, o avião solar, o automóvel solar ou as guerras de robôs; e das atividades esportivas, tomadas como formadoras do espírito de equipe.

A flexibilidade curricular (para além de algumas disciplinas eletivas), que permite ao aluno uma adaptação quase individual do currículo a seus interesses, exige uma estrutura que integre as diferentes especializações e habilitações, criando um máximo de disciplinas comuns, e começando com um Ciclo Básico

¹⁵⁸ Ver o folheto do MIT, Facts, de 2002, cujo conteúdo é apresentado em <http://www.mit.edu>.

¹⁵⁹ Exemplo: as disciplinas *hands-on* organizadas por Tom Regan na University of Maryland: T. Regan, Introduction to engineering design at Maryland – a major engineering education process improvement, *Proceedings of the ICEE97*, Vol. II, pp. 621-631. Carbondale, Illinois: Southern Illinois University, 1997.

¹⁶⁰ Anúncio apresentado no IASEE2003, em São José dos Campos, por Jaime Pontes, da Microsoft Research, durante o trabalho da Força Tarefa D, dirigida por L. Morell J. F. X. Faraco (ver <http://www.univap.br/iasee>).

comum a todos os alunos (centrado no aprendizado das ciências básicas), como ocorre na PUC-Rio e na Escola Politécnica da USP. Uma tentativa de aumentar a flexibilidade curricular (dentro de três especializações) está sendo tentada pela École Supérieur de Télécommunications de Paris, usando uma estrutura modular, onde cada módulo corresponde de 15 a 30 créditos, com três professores responsáveis, ministrados em dois semestres. A flexibilidade curricular implica grande complexidade no gerenciamento dos cursos (para evitar a explosão do número de disciplinas¹⁶¹) e um sistema de orientação eficaz, além de um manejo cuidadoso das cadeias de pré-requisitos.

II.5. Exemplos

Aprofundando os exemplos sobre a noção de competências, será mostrada uma parte da apresentação atual das Écoles Centrale, em especial a de Lille – o nosso caso de estudo. A escolha desta escola foi feita em função de seu modelo quase oposto ao conceito tecnicista (que vê o engenheiro completamente dedicado ao fazer técnico), e pela forma explícita com que apresenta seus objetivos. O perfil desta escola indica a formação de gerentes com visão técnica, isto é, alguém pronto a ocupar o papel social associado ao título de *ingénieur*, ou no Brasil, associado ao título de engenheiro. Depois serão mostrados alguns exemplos da PUC-Rio, trabalhados pelo autor.

Primeiro, um resumo de discussões recentes acompanhadas pelo autor, onde valores, competências e conhecimentos "centraliens" foram explicitados. As quatro École Centrale francesas (Lille, Lyon, Nantes e Paris) escolas se organizaram em torno da formação de engenheiros voltados para trabalhar em empresas¹⁶², junto à sociedade, em equipes e no ambiente internacional. Decidiram que sua formação comum levaria seus egressos a possuir os seguintes:

Valores	determinação, responsabilidade, disponibilidade, solidariedade, humanismo, tolerância, abertura, respeito, cidadania, amor-próprio ¹⁶³ , humildade, honestidade intelectual, exigência, rigor metodológico;
Competências	empreender, exercer espírito crítico, criar, inovar, dominar a complexidade, desenvolver-se pessoalmente, abrir-se culturalmente, comprometer-se, integrar a dimensão internacional, comunicar, transmitir, liderar uma equipe, trabalhar em equipe, desenvolver uma visão estratégica da empresa, decidir e agir, saber relacionar, adaptar-se;
Conhecimentos	ciências fundamentais, ciências sociais e humanas, a empresa e seus setores de atividade, ciências do engenheiro;
Aptidões	capacidade de abstração, agilidade intelectual, capacidade de trabalho e rigor.

Os valores marcados acima são características a serem reforçadas nos alunos. São mais explícitos que os habituais "cidadania" e "humanismo", que encontramos repetidos nos textos brasileiros. As competências estão apresentadas sempre por verbos, isto é, como capacidades potenciais. Aqui, de

¹⁶¹ A idéia é evitar a criação de disciplinas diferentes, todas cobrindo o mesmo assunto, mas sob orientações diferentes. O grande desafio é criar disciplinas congregando alunos com diferentes objetivos, permitindo a cada um exercitar-se na direção que lhe interessa. Ver M. A. da Silveira, C. T. C. da Silva e M. Speranza Neto, A Engenharia de Controle e Automação na PUC-Rio: Uma Habilitação Multidisciplinar, *Anais do XII Congresso Brasileiro de Automática*, CDROM, Uberlândia, MG, 1998.

¹⁶² Donde contrárias às escolas formadoras de quadros para o estado, uma questão francesa.

¹⁶³ O que o francês chama de *fierté*, que difere do *orgueil*, este último um pecado capital.

novo, as competências representam, de fato, classes de competências (descritas explicitamente em um outro nível) referidas aos problemas contextualizados. Nota-se, na lista, o espírito de sistema francês, mas, a rigor, esta repete a lista já apresentada pela EC-Lille, esclarecendo o perfil de formação "*centralien*" apresentado acima. Os conhecimentos estão agregados em grandes grupos, sem maiores especificações (salvo que as ciências sociais e humanas não são "fundamentais"), mas está marcado um conhecimento ausente das listas brasileiras: a empresa e seus setores de atividade. A lista de aptidões gera uma pergunta: como desenvolvê-las ao longo do curso universitário? Ou a solução será selecionar alunos que já possuam previamente estas aptidões?

Segundo, a lista de competências da EC-Lille, já apresentada, será refinada a seguir:

Conceber	Formular o problema
	Formalizar
	Modelar
	Imaginar soluções a partir do modelo
	Escolher as soluções satisfatórias
Concretizar	Tornar um modelo realista, assegurando-se de que ele pode ser concretizado. Experimentar.
	Produzir
Inovar	Mobilizar/estimular a criatividade pessoal ou de um grupo
	Estar à escuta do meio exterior
	Focalizar a criatividade em um dado objetivo
	Produzir soluções
Animar, liderar	Explicitar e valorizar um projeto
	Impulsionar a dinâmica de um projeto
	Assegurar a sequência e o acompanhamento
Organisar	Aplicar os meios e métodos apropriados para assegurar a troca de informações/instruções entre os atores de um sistema
	Regular e controlar a evolução de um sistema em montagem até o projeto atingir seus objetivos
Comunicar	Trocar informações de forma precisa e clara
	Estar à escuta dos colaboradores
	Desenvolver a capacidade de contato
	Organizar a circulação das informações por todos os métodos e meios materiais
	Argumentar as orientações do projeto
Formar	Selecionar as pessoas que farão a formação
	Elaborar um plano de formação
	Conduzir toda ou parte da formação
	Avaliar o acréscimo das potencialidades dos recursos humanos
Empreender	

Há ainda um terceiro nível de especificação destas competências, que não será aqui apresentado (devido à sua extensão), e que as refere aos problemas contextualizados exigidos na definição do conceito. O interessante é que o conhecimento técnico – o "conteúdo" habitual, por onde começam as especificações curriculares a que estamos habituados – é tratado implicitamente. As competências escolhidas são as prioritárias com respeito ao perfil de formação escolhido pela escola de Lille. Com este conjunto, associado à escolha disciplinar (habilitações e especializações), é possível fixar conhecimentos, *savoirs-faire* e atividades curriculares.

A seguir será apresentada a descrição de uma disciplina da EC-Lille, escolhida por facilitar a separação entre conhecimentos e *savoir-faire*:

Fabricação Mecânica II

Disciplina obrigatória, 32 horas.

Objetivos:

Saberes: Processos racionais de fabricação. Funcionalidades dos programas de fabricação por controle numérico. Possibilidades das máquinas controladas numericamente. Normalização. Especificações dimensionais e geométricas. Metrologia tridimensional.

Savoirs-faire: Escolher a configuração de uma máquina-ferramenta controlada numericamente. Determinar e medir os diferentes parâmetros de situação sobre uma máquina-ferramenta controlada numericamente. Realizar o porta-peça especificado no contrato de fase. Utilizar um programa de projeto automático por computador. Utilizar as normas. Analisar, comparar e por em prática métodos de controle numérico.

Observação: Adquirir um *savoir-faire* experimental não é um objetivo desta disciplina. Um módulo específico indispensável será proposto aos alunos-engenheiros que precisarem realizar algum objeto em uma máquina a controle numérico durante sua Atividade-Projeto.

Conteúdo resumido:

Ensino magistral: Estrutura das máquina-ferramentas a controle numérico. Acionamento. Programação.
Conceito de mudança rápida de produção.
Fabricação assistida pelo computador
Controle - qualidade

Trabalhos práticos: Preparação da fabricação: porta-ferramentas, porta-peça.

Prática de fabricação em máquina a controle numérico

Corte e dobras em máquina a controle numérico

Programação de máquina a comando numérico

Análise de especificações. Medidas de erros geométricos e dimensionais. Utilização da metrologia tridimensional.

Qualificação de instrumentos de medida.

A descrição desta disciplina não esclarece as competências a serem desenvolvidas em seu âmbito: na lista de objetivos só aparecem "saberes" e "*savoirs-faire*". Por isso serão apresentados dois outros exemplos, gerados na atuação do autor junto ao Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio.

Na caracterização do perfil do egresso do curso de engenharia elétrica da PUC-Rio entram competências ligadas à especialidade, superpostas às competências associadas ao "engenheiro empreendedor de base científica". Como exemplo, duas delas serão mencionadas:

- ser capaz de projetar e implementar instalações elétricas para situações simples, como uma residência com dois andares ou um estabelecimento comercial ou industrial de pequeno porte;
- ser capaz de projetar e implementar interfaces entre micro-processadores e outros equipamentos.

Lembrando que o engenheiro elétrico da PUC-Rio recebe uma formação básica nas suas diferentes ênfases, estas duas competências estabelecem um primeiro sentido dos cursos de circuitos elétricos e eletrônica, vistos como bases para a instrumentação eletrônica e para instalações elétricas - comuns a todos os alunos do curso. Em particular exigem o conhecimento dos equipamentos padrões e das

normas técnicas e normas de segurança associadas aos problemas a que se referem. Notar que os "equipamentos" da segunda competência estão em aberto, o que deixa ampla margem de manobra aos professores, e que outras competências (como as relacionadas a máquinas elétricas) afetam as mesmas disciplinas. Notar também que as mesmas disciplinas de circuitos e de eletrônica são ministradas para alunos da ênfase eletrônica, que atendem a competências mais estritas que a segunda, o mesmo ocorrendo para alunos da ênfase sistemas de potência, em relação à primeira competência.

Do conjunto de competências que afetam uma dada disciplina, é possível estabelecer seus objetivos, isto é, a lista de competências especializada, conhecimentos e *savoir-faire*, e daí a metodologia didática a ser empregada (e o sistema de avaliação associado).

Como exemplo de disciplina, vejamos as competências associadas à disciplina ELE1814-Controles e Servomecanismos:

1. reconhecer e modelar problemas de controle, em especial os problemas de regulação e do servomecanismo;
2. analisar sistemas de controle lineares monovariáveis quanto às suas propriedades básicas (estabilidade, características transitórias, observabilidade e controlabilidade, etc.) e quanto à possibilidade de construir reguladores e servomecanismos;
3. usar as ferramentas computacionais existentes (MATLAB®, MAPLE®, etc.) para a simulação de sistemas de controle invariantes no tempo e de parâmetros concentrados, controlados ou não;
4. projetar controladores para sistemas lineares simples (a tempo contínuo ou discreto, monovariáveis, invariantes no tempo);
5. buscar na literatura as informações pertinentes ou metodologias inovadoras;
6. compreender e analisar os projetos industriais correntes;
7. relatar problemas de controle e sua resolução usando uma argumentação convincente;
8. organizar a resolução de um problema de controle a partir de sua exposição informal, sabendo decidir que dados serão necessários e escolher um dos caminhos possíveis.

Dar ao aluno uma visão de técnicas modernas e de técnicas de ajuste tradicionais (em especial o uso do lugar das raízes e da simulação digital), considerando sistemas a tempo contínuo, a tempo discreto e amostrados.

Reconhecido o limite do problema a ser tratado (sistemas modeláveis diretamente como lineares, parâmetros concentrados, tempo discreto ou tempo contínuo - incluindo sistemas amostrados, e monovariáveis) e sabendo que os sistemas podem ser retirados de problemas mecânicos, eletro-mecânicos, elétricos e eletrônicos, térmicos e hidráulicos (que foram tratados em disciplinas anteriores), estas competências estabelecem os problemas a serem tratados e seu contexto, embora este último esteja um tanto em aberto - situação habitual na área de controle. Por isso a necessidade de fixar uma sexta competência, especificando o contexto industrial corrente (o que, no país, não é tão aberto), além do contexto mais geral, onde a teoria de controle é usada como base para outras técnicas (telecomunicações, eletrônica, matemática aplicada) - situação que aparece em disciplinas em sequência e na quinta competência.

A escolha destas competências não fixa os métodos de projeto ou os problemas específicos a serem tratados, mas mostra qual o interesse do conhecimento a ser adquirido, praticamente definindo a metodologia didática a ser utilizada.

Capítulo 3

A ESCOLHA DOS PERFIS DE FORMAÇÃO¹⁶⁴

Neste capítulo estaremos preocupados com a resposta a três das perguntas deixadas em aberto no primeiro capítulo:

- Quais perfis de formação para engenheiros são mais indicados para a situação atual?
- Como escolhê-los, diante de diferentes visões de futuro encontradas na academia e na sociedade, representando os mais diversos interesses? O que pode influenciar esta escolha, ou deve ser levado em consideração?
- Como considerar a situação local de cada escola e as mutações do mercado de trabalho?

Para respondê-las, é preciso problematizar a questão de onde e como obter informações para montar currículos de engenharia, e discutir algumas das dificuldades a serem consideradas, incluindo aí a questão dos valores que presidem a construção de um currículo. Do que já foi visto, devem ser atendidas seis demandas diferentes, eventualmente conflitantes, além de restrições históricas, legais e econômicas próprias ao país, à região, e à particular escola de engenharia:

- (a) Dado que o curso de engenharia pretende formar profissionais, deve atender às solicitações do mercado de trabalho, em geral resumidas em uma lista de competências, traduzidas em *savoirs-faire* e conhecimentos a serem dominados e atitudes a serem desenvolvidas. Mas qual mercado de trabalho?
- (b) Trata-se aqui da educação do futuro engenheiro, donde ser importante responder a algumas perguntas de cunho filosófico, a serem consideradas do ponto de vista da comunidade na qual está inserido o curso: qual cidadão e qual ser humano deseja-se formar, atento a quais valores, a atuar em qual sociedade? Qual o modelo de sociedade que temos em vista?
- (c) Como um curso formativo parte de uma demanda presente para uma atuação futura, em um mundo em mudança, deve atender às expectativas sobre as demandas futuras, lembrando que seus egressos irão participar do forjar o amanhã. Como prepará-lo para as demandas sociais (e tecnológicas) futuras?
- (d) Deve-se atender às expectativas dos alunos atuais e dos possíveis candidatos, o que inclui as condições para que venha exercer os papéis sociais esperados (e sinalizados, habitualmente, pelo prestígio da escola), e a sua futura "empregabilidade", que varia de acordo com o mercado de trabalho a que se dirige (mercado mutável ao longo do tempo, de acordo com a maturação industrial e a situação econômica do país ou região), com os papéis sociais exercidos pelos engenheiros e com o perfil de formação próprio ao curso.
- (e) Quais as possibilidades e as oportunidades da instituição universitária que oferece o curso, considerando sua história, sua tradição, suas fontes de financiamento, sua localização (e daí o mercado de trabalho e o ambiente industrial em que está inserida), e o público que pretende atingir? Nesse sentido, não há um perfil ideal de formação, organizado a partir de uma definição abstrata desta atividade profissional, mas perfis apropriados a uma dada instituição, considerando seu contexto, suas possibilidades e suas intenções.

¹⁶⁴ Esta parte do texto é baseada em Marcos A. da Silveira e Luiz C. Scavarda do Carmo, Comments on the design of engineering curriculum and the choice of didactic strategies, a ser publicado; em Sinval Z. Gama e Marcos A. da Silveira, Definindo competências para engenharia: a visão do mercado de trabalho, *Revista de Ensino de Engenharia* (ABENGE), vol. 21, n. 2, 2003; e em resultados de Sinval Zaidan Gama, Novo Perfil de Formação do Engenheiro Eletricista no Início do Século XXI, *Tese de Doutorado*, Programa de PG em Engenharia Elétrica, PUC-Rio, 19 de dezembro de 2002.

(f) A bem de um certo pragmatismo político, quais as exigências dos sistemas e agências de credenciamento, reconhecimento e avaliação do curso?

De fato, a construção e a implementação de um currículo de engenharia deve procurar uma síntese dialética entre essas seis demandas, uma vez que tenham sido devidamente explicitadas – o que implica uma pesquisa trabalhosa e onerosa (e cujos resultados variam com o tempo, às vezes rapidamente) e na escolha de uma hierarquia de valores. Para levantar as demandas, cabe consultar quatro diferentes instâncias sociais:

- mercado de trabalho;
- organizações governamentais ou não governamentais, representativas da opinião dos diferentes grupos e estamentos sociais relevantes para o problema;
- a academia e os intelectuais voltados para este tipo de problema;
- alunos e possíveis candidatos.

Esta consulta não é nunca definitiva. A atividade de engenharia está em contínua mudança, abraçando novas técnicas e novos campos de atuação. As necessidades das empresas também, acompanhando a variação dos mercados e dos modos de produção. O papel social do engenheiro e as expectativas sociais em torno de suas funções, que podem variar de país a país (como visto no primeiro capítulo), estão variando em cada região e dentro de cada estamento social, de acordo com mudanças nos modos de produção e na cultura dominante. Cabe à escola adaptar continuamente o seu perfil de formação – e daí adaptar seus currículos e seu métodos pedagógicos – sabendo separar o que é mudança eventual ou cíclica do que é mudança de tendência. Isto é, a consulta deve ser permanente, abandonando a idéia de uma "melhor" definição, de um critério abstrato definitivo, independente do contexto local e internacional e independente da história particular de cada instituição de ensino.

III.1. Ponto de vista do mercado de trabalho

O mercado de trabalho pode ser tomado em sentido estendido, considerando o conjunto de ocupações que podem ou vem sendo ocupados pelos egressos do curso de engenharia, ou em sentido estrito, considerando o conjunto de posições ocupadas por estes egressos no setor industrial correspondendo à especialização técnica¹⁶⁵. As demandas podem ser explicitadas em termos de competências (gerais e específicas), conhecimentos, savoirs-faire e atitudes esperados do engenheiro. Nesta lista costuma estar implícito o papel do engenheiro na empresa e no mercado de trabalho.

Uma visão geral sobre as demandas atuais do mercado de trabalho estendido pode ser recolhida das chamadas para emprego de grandes empresas ou de pesquisas com ex-alunos, eventualmente completadas pelas opiniões dos intelectuais atentos ao tema¹⁶⁶. Não é difícil recolher dados neste caso – ao

¹⁶⁵ Uma estatística britânica (M. Dodridge, *Convergence of Engineering Higher Education - Bologna and Beyond*, *Anais do IASEE2003*, São José dos Campos: UNIVAP, CDROM, 2003, <http://www.univap.br/iasee2003>), assinala que apenas 30% dos engenheiros graduados ocupa posições no mercado de trabalho que lhe é peculiar (especializado). Os demais 70% trabalham no mercado estendido. A análise mostrada no capítulo anterior mostra que, variando o papel esperado ou o perfil de formação, atende-se a diferentes mercados de trabalho, do chão de fábrica às instituições financeiras, sem que as características básicas do engenheiro venham a ser negadas ou tornadas supérfluas (isto é, o engenheiro não estará sendo sub-empregado).

¹⁶⁶ Ver L. Morell, J. F. X. Faraco e C. Moura, *Define attributes, skill sets and knowledge of the engineering workforce*, *Relatório da Força Tarefa D*, IASEE2003, São José dos Campos, SP (em <http://www.univap.br/iasee>); W. Johnson, *University relations worldwide*, Sessão plenária, IASEE2003, São José dos Campos, SP (em <http://www.univap.br/iasee>); J. W. Prados, *Engineering education in the United States: past, present and future*, *Proceedings of the ICEE98*, Rio de Janeiro: PUC-Rio, CD-ROM, 1998; H. Etzkowitz e M. Gulbrandsen, *Public entrepreneur: the trajectory of United States science, technology and industrial policy*, *Science and Public Policy*, vol. 26, n. 1, 1999, p. 53-

menos se considerarmos as grandes empresas, como mostraram os trabalhos preparatórios do REENGE, em 1995, e, mais recentemente, Morell *et al.*¹⁶⁷. Resultados deste tipo podem ser encontrados, atualmente, absorvidos nos perfis de formação indicados nos documentos do PRODENGE/REENGE, ABET e ABENGE, por exemplo, e reaparecem nas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia¹⁶⁸.

Estes perfis são muito genéricos, apresentando classes muito gerais de competências. Apenas buscam situar o papel social do engenheiro e sua área de atuação, sem precisar competências técnicas específicas ou a profundidade de seu conhecimento. Não estabelecem prioridades entre as diversas competências, atitudes e aptidões assinaladas. São expressos em linguagem declaratória e absoluta. Por isso a impressão de que descrevem um profissional utópico, dotado de todas as características desejáveis ao mesmo tempo. De outra forma, podemos considerar que listam características desejáveis e importantes, dentre as quais – e assinalando prioridades – as escolas devem buscar elementos para a definição de seus próprios perfis de formação.

O perfis atuais assim formados refletem, por construção, a visão do mundo hegemônica na sociedade pós-industrial, centrada na primazia do mercado, nos valores econômicos e nos interesses dos grandes grupos industriais. As palavras-chave são: competitividade, consumo, desregulamentação, flexibilização, globalização, incertezas, mercado, novas tecnologias, produtividade, terceirização. Refletem também a utilização do engenheiro (com qualquer especialização) em funções as mais diversas, onde se fazem úteis as capacidades de análise racional, modelagem e representação matemática (ou gráfica) e de resolução de problemas (a arte de "*problem solving*", que aparece em quase todos os textos citados). Esta visão genérica traz, embutida, visões de futuro trazidas por intelectuais, como Peter Drucker e Alvin Tofler, que possuem grande influência no mundo empresarial. Pode também expressar uma visão estratégica nacional diante da conjuntura internacional, como fazem, explicitamente, os documentos básicos do PRODENGE/REENGE¹⁶⁹. Imaginamos que uma pesquisa deste tipo no âmbito do SEBRAE e do SENAI¹⁷⁰, consultando pequenas e médias empresas e agrupamentos regionais, possa complementar as listas de forma fecunda – principalmente se não forem esquecidas as empresas de alta tecnologia (infelizmente ainda escassas no país) e se as realidades regionais forem tratadas como tais.

Consultas diretas a setores industriais específicos podem gerar prioridades diferentes, como mostrado por da Silveira e Gama¹⁷¹, no caso particular do setor elétrico brasileiro. São interessantes para sair da generalidade das listas de competências citadas acima e passar a competências (técnicas ou não) mais específicas.

Em qualquer caso, a entidade abstrata *mercado de trabalho* não permite uma consulta simples. Não apenas é multiforme (diferentes tipos de empresas e

62; T. M. Jorde e D. J. Teece, Innovation and cooperation: implications for competitions and antitrust, *Journal of Economic Perspectives*, vol. 4, n. 3, 1990, p. 75 – 96; A. Tofler, *A Terceira Onda*, Editora Record, 1980; A. Tofler, *Powershift*, Editora Record, 1990; C.J. Coulson-Thomas, Developing Tomorrow's Professionals Today, *J. European Industrial Training*, V.15, n.1, 1991, p. 3-11; P. Drucker, A emergente teoria da manufatura, *Harvard Bus. Review*, maio/junho, 1990, p. 29-40; por exemplo.

¹⁶⁷ Morell *et al.*, *op.cit.*

¹⁶⁸ ABET (ABET Engineering Criteria 2000, <http://www.abet.ba.md.us/EAC/eac2000.html>), ABENGE (Propostas de Diretrizes Curriculares para a Educação em Engenharia no Brasil, Brasília: ABENGE, 1998, em <http://www.abenge.br>), Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia (em <http://www.mec.gov.br/Sesu>). Ver o Apêndice 2 deste capítulo.

¹⁶⁹ PRODENGE, Edital e Termo de Referência, FINEP, 1995.

¹⁷⁰ Que realizam periodicamente excelentes pesquisas sobre o assunto.

¹⁷¹ S. Z. Gama, M. A. da Silveira e R. C. Souza, The expected profile of the next century brazilian electrical engineer, *Proceedings ICEE2000*, CDROM, Taiwan: National Science Council (ISSN 1562-3580), 14 a 18 de agosto de 2000 (ver <http://www.icee2000.nctu.edu.tw>); e S. Z. Gama, Novo perfil de formação do engenheiro eletricista no início do século XXI, *Tese de Doutorado*, Programa de PG em Engenharia Elétrica, PUC-Rio, 2002.

associações, com alcances geográficos e industriais variados e políticas gerenciais diversas) e altera-se pelo efeito das variações econômicas e de variações sociais¹⁷². Só podemos consultar profissionais trabalhando nas empresas consultadas, e, em especial seus diretores. Estes profissionais respondem a diferentes tipos de formação (técnica e ideológica), sofreram um conjunto não homogêneo de experiências (o que altera sua percepção do conjunto), e possuem diferentes visões do mundo, dependentes das funções e cargos historicamente ocupados. De fato, poucos profissionais estão bem informados sobre os cursos atualmente oferecidos pelas escolas de engenharia. Não há uma opinião do mercado de trabalho, mas opiniões dentro dele.

Ao consultar o mercado de trabalho devemos estar preparados para reconhecer grupos imediatistas, sem visão de futuro. O engenheiro a ser formado deve estar preparado para enfrentar múltiplas exigências, que se alteram ao longo de seu tempo de vida, onde ocupará diferentes cargos e será responsável por diferentes funções. Mas o profissional questionado está, em geral, em meio a seu percurso, entregue à sua função atual. O aluno, por sua vez, busca aumentar sua *empregabilidade*, se nos permitem tal neologismo. Ora, empresas e profissionais tendem a esquecer que formações mais amplas aumentam a *empregabilidade*, mesmo se as listas de especificações profissionais que encontramos junto às empresas – basta recolhê-las nos anúncios para estagiários – privilegiem atitudes (ética, por exemplo) e competências gerais (saber aprender, por exemplo), em relação aos conhecimentos técnicos especializados.

Exemplificando, a pesquisa de Gama¹⁷³ junto ao setor elétrico dos estados de Pernambuco e do Rio de Janeiro agregou os engenheiros pesquisados em três grandes classes:

- (a) *Grupo crítico*: composto por aqueles que conhecem a formação do atual engenheiro, atuam em comando, em assessoramento ou junto à academia, e apresentam sugestões de melhoria dos cursos. A maior parte fez curso de pós-graduação, ao contrário dos demais grupos. São formados pelas universidades mais conceituadas (universidades cujos cursos de graduação e de pós-graduação são bem conceituados pelo MEC).
- (b) *Grupo tecnicista*: composto por aqueles que atuam na execução técnica e apresentam sugestões de melhoria. São formados em grande parte em universidades com cursos com conceituação mediana e já possuem certa idade (no Rio de Janeiro eram em grande parte formados pela UNIFEI (ex-EFEI), em Itajubá, MG, atuando, na época da pesquisa, na área gerencial), ou estão limitados a tarefas técnicas.
- (c) *Grupo não-informativo*¹⁷⁴, os demais.

O grupo crítico indicou um perfil de formação lembrando o engenheiro defendido nos textos do REENGE (citado nesta seção como *engenheiro REENGE*, muito semelhante, nos seus aspectos gerais, ao definido pelas competências gerais citadas nas Diretrizes Curriculares). A diferença essencial é a preponderância dada à formação técnica em sistemas de potência em relação às demais formações técnicas. Foram citadas como de maior importância, nesta ordem, conhecimentos e *savoirs-faire* em: 1) matérias técnicas de formação específica do engenheiro eletricista, 2) comunicação oral e escrita, 3) ciências básicas, 4) novas tecnologias e tecnologias auxiliares, 5) operação e planejamento, incluindo seus aspectos econômicos.

O grupo tecnicista frisou, essencialmente, conhecimentos e aptidões (fugindo das características gerais). Na lista do parágrafo anterior, não assinalou

¹⁷² Ver, na pesquisa de Gama, citada acima, a influência das gerações de engenheiros que, por razões políticas (momentos em que houve investimento maciço seguidos de momentos sem investimento), não sofreram substituição continuada, permitindo mudanças bruscas na opiniões presentes no mercado de trabalho ao se aposentarem em bloco.

¹⁷³ Gama, Tese de Doutorado, citada acima.

¹⁷⁴ Chamado de “grupo neutro” em Sinval, *op. cit.*

os itens 2 e 5 (comunicação e ciências básicas) entre os determinantes, dando preponderância completa às matérias técnicas. A importância das ciências básicas foi considerada secundária, a formação em gerenciamento e visão comercial considerada supérflua. Os aspectos econômicos foram considerados secundários por este grupo, assim como as novas tecnologias. O engenheiro com este perfil (citado nesta seção como *engenheiro técnico-especialista*) está próximo ao perfil definido pelo Conselho Federal de Educação/MEC na década de 70¹⁷⁵.

O grupo não-informativo reúne entrevistados cujas respostas foram contraditórias (comparando a parte espontânea e a parte induzida da pesquisa). Mostraram-se muito influenciado por sua atual tarefa técnica e (o que alguns entrevistados apontaram explicitamente) desinformados sobre os atuais cursos universitários na área, fatos que denotam falta de visão de conjunto sobre o exercício da profissão.

Todos os grupos recusaram as ciências da engenharia não voltadas diretamente para o setor elétrico (resistência dos materiais e mecânica dos fluidos, por exemplo). Isto é, descartam um engenheiro generalista: o conhecimento técnico deve se ater à especialidade. Um resultado que só pode ser obtido dentro de um setor industrial específico e bem limitado - e que, no caso presente, emprega anualmente um número de engenheiros bem menor que os formados nesta especialidade no estado estudado.

Por outro lado, ficou evidente na enquete que os engenheiros em funções técnicas, no momento da execução, exercem uma menor atividade técnica que a imaginada em geral. Ocupam-se principalmente com tarefas administrativas e gerenciais a ela relacionadas, uma característica do mercado de trabalho para engenheiros no país, onde pouco se desenvolve equipamentos e pouco se realiza projetos completos¹⁷⁶. Conclui-se que os entrevistados usam, para o desempenho de sua função (dita técnica), na posição de engenheiro, de todo um conjunto de conhecimentos diferente do puramente técnico, corroborando, de certa forma, a visão do grupo crítico, e negando sua própria opinião.

Aqui cabe uma pequena digressão sobre a terminologia empregada por Gama, que repetimos até o momento. O grupo crítico parece aceitar tanto a realidade do mercado brasileiro dependente tecnologicamente dos países desenvolvidos (embora fale de novas tecnologias), quanto as imposições da "modernidade" - e daí uma certa ironia na sua denominação. Por outro lado, a pesquisa realizada só perguntou a opinião sobre o que é necessário ao engenheiro "deste início de século, no Brasil", não abrindo espaço para externar discordâncias quanto à situação brasileira ou às políticas daquele momento¹⁷⁷. Isto é, o grupo crítico foi assim denominado por sua discordância à visão da engenharia centrada no seu fazer técnico especializado e limitado às técnicas em uso - marca do grupo tecnicista - mas não por sua posição em relação a políticas nacionais ou visões sociais mais amplas.

Quanto às novas tecnologias ou conhecimentos econômicos mais profundos, os entrevistados, em geral, indicaram serem apropriados para a formação contínua (MBAs e pós-graduação em geral), pois só seriam necessários eventualmente, ou de forma imprevisível (novas tecnologias), ou após grande experiência e tempo de serviço, quando o profissional tiver passado a atividades essencialmente gerenciais. Nisto repetem a situação atual, sem pensar em outras possibilidades de formação, como as que aparecem nas escolas de engenharia francesas generalistas, por exemplo.

O que pode ser concluído da opinião dos engenheiros no mercado de trabalho (no setor elétrico do Estado do Rio de Janeiro, e na virada do século XX

¹⁷⁵ Resolução 48/76 do CFE/MEC, 1976.

¹⁷⁶ Apesar dos esforços do CEPEL e de algumas universidades, atingidos pelo programa da privatização do setor elétrico e pela redução de investimentos do governo federal neste setor.

¹⁷⁷ O que se explica pela dificuldade encontrada para levar os entrevistados a expressarem uma visão de futuro.

para o XXI¹⁷⁸) sobre o perfil de formação do engenheiro eletricitista? Primeiro, que ela é influenciada pela formação do entrevistado, pela funções que já ocupou e por suas tarefas atuais. Segundo, considerando a coerência das opiniões dos diferentes grupos detectados, é possível validar uma orientação na direção do *engenheiro REENGE*, desde que a necessária caracterização técnica não seja perdida. Esta é vista mais como fundamentação de decisões administrativo-gerenciais (o que inclui cálculo de custos e escolhas de política) do que como capacitação a resolver os problemas técnicos em si. Competências para a atividade de projeto de engenharia são vistas mais como desenvolvimento de novas tecnologias (e aí aparecem os pesquisadores do CEPEL e das universidades), do que apoio à manutenção de sistemas com tecnologias conhecidas, ou o desenvolvimento de novos produtos (inovações). Esta visão se encontra com a prática da maioria dos entrevistados e com a visão dos gerentes de recursos humanos das empresas.

No entanto, há uma parcela considerável (63% do total dos entrevistados) que defende o engenheiro tecnicista-especialista, porém mais como um reflexo das idéias preponderantes há 30 anos, ainda repetidas nas diferentes escolas, do que em razão de sua experiência pessoal no setor elétrico. Há ainda engenheiros que jamais saíram de tarefas técnicas, isto é, não passaram a funções gerenciais, em geral formados por escolas de engenharia de menor renome.

Conclui Gama que há um quadro que permite a defesa do perfil do *engenheiro REENGE*, com indicação clara dos conhecimentos, habilidades e atitudes a serem contempladas pela escola de engenharia. Mas há também necessidade de engenheiros especialistas voltados para os problemas técnicos do setor, não como anacronismo, mas como elo importante entre os técnicos e os gerentes. Daí, então, Gama sugere dois (ou mais) perfis de formação diferentes, a serem escolhidos de acordo com o público da escola em particular, com suas possibilidades e tradições, e com o mercado de trabalho local. Acreditamos que há muitos mais de dois perfis de interesse, como mostrado no primeiro capítulo.

Na mesma pesquisa, foi verificado que o setor elétrico do Estado do Rio de Janeiro empregou nos 13 anos que a precederam um número muito menor de engenheiros eletricitistas que os efetivamente formados (no mesmo estado). Boa parte destes engenheiros (o que inclui os formados pela UFRJ e pela PUC-Rio, conforme os dados levantados) encontra empregos de bom nível junto ao setor de serviços (não elétricos) – o mercado de trabalho estendido. Também foi observado que estão sendo contratados pelo setor elétrico fluminense – desde que o governo federal diminuiu drasticamente o investimento na área – engenheiros formados nas escolas de engenharia menos conceituadas (se usarmos os critérios da CAPES/MEC), tanto nas empresas estatais quanto nas empresas privatizadas, para exercer funções as mais diversas, desde que referentes a cargos de início de carreira. Temos aqui uma busca da diminuição da folha salarial destas empresas, com empregados novos (e com menores salários) cumprindo funções antes na mão de engenheiros mais experientes e dispendiosos. Mas não apenas isto: observamos que os corpos docentes das universidades menos conceituadas (no Estado do Rio de Janeiro) é formado majoritariamente por engenheiros trabalhando nas empresas pesquisadas, o que direciona o recrutamento dos novos engenheiros¹⁷⁹.

Podemos interpretar os dados contidos no último parágrafo como um desemprego relativo na área técnica para os formados em escolas mais conceituadas, compensado por um mercado de trabalho aberto a outros setores

¹⁷⁸ Toda opinião deste tipo está limitada regionalmente e historicamente.

¹⁷⁹ No entanto, quando a CERJ buscou preencher seus quadros, após o grande licenciamento que realizou ao ser privatizada, não conseguiu deslocar os ex-alunos da UFRJ e da PUC-Rio com os salários que oferecia, embora tivesse na mão as listas de formados nestas instituições nos últimos três anos. Nenhum destes ex-alunos atuava então no setor elétrico. E as empresas de maior porte, investindo de forma decisiva em seus quadros, declaram claramente a preferência por egressos de determinadas universidades (ver as ofertas de emprego e de estágios veiculadas na Mostra PUC nos últimos anos).

(serviços e finanças, em especial). Esta leitura é um tanto deslocada (além de cruel), pois, se o mercado estendido não oferecesse melhores salários e condições de carreira, os engenheiros de formação em escolas mais conceituadas estariam aceitando os menores salários oferecidos pelo setor elétrico, caso o efeito de recrutamento assinalado não os inibisse completamente. Em qualquer hipótese, estes fatos justificam uma escolha de perfis de formação mais abertos quanto a funções, e não quanto a técnicas, matizando a discussão entre os adeptos da formação generalista e os da formação especializada.

Fica aqui a sugestão de realizar pesquisas semelhantes para os diferentes setores do mercado de trabalho de engenharia, instruindo currículos, estudantes e sociedade. Mas qual mercado de trabalho? O específico (o setor elétrico, por exemplo) ou o mercado estendido, incluindo o setor de serviços, que, afinal, emprega a maior parte dos alunos de engenharia? O mercado de trabalho segundo a concepção CONFEA/CREAs (que só investiga as empresas do setor e as funções "próprias" ao engenheiro, em sentido estrito) ou o mercado de trabalho real encontrado pelos egressos das escolas de engenharia mais conceituadas¹⁸⁰? De qualquer forma, consultar o mercado de trabalho estendido, isto é, procurar onde estão trabalhando todos os egressos das escolas de engenharia, não é tarefa fácil nem de pouco custo.

Uma opinião interessante, expressa por Antonini Puppim de Macedo, da EMBRAER¹⁸¹ e corroborada pela pesquisa do autor junto a algumas das grandes empresas brasileiras, assinala que o trabalho atual do engenheiro estende-se por quatro grandes áreas, a saber:

- Fundamentos técnicos e científicos - área bem coberta pelos cursos universitários atuais, que, praticamente, a ela se restringem.
- Análise, projeto, construção e integração de sistemas - onde o engenheiro trabalha compondo módulos dentro de uma super-estrutura (o "sistema") voltada para o problema em foco. Cada módulo costuma ser um sistema, formado também por módulos integrados em um nível hierárquico mais baixo. Boa parte dos módulos e sistemas integradores são construídos a partir de ferramentas informáticas apoiadas em redes de telecomunicações - isto é, veiculam informações e decisões¹⁸². As escolas atuais, no Brasil, não fornecem este tipo de formação, salvo superficialmente para a habilitações controle e automação e engenharia de produção. Os alunos abordam o tema essencialmente nos estágios na indústria (o que inclui o setor de serviços) e no treinamento durante o período "trainee".
- Comunicação - entendendo por aí a preparação de relatórios, manuais, palestras, o treinamento de funcionários e o contato com o cliente, incluindo todo um conjunto de capacidades necessárias para buscar a qualidade total. De novo, as escolas de engenharia no país não desenvolvem esta capacitação.
- Custos, economia e planejamento - as disciplinas de administração e economia para engenharia não são integradas ao restante da formação do engenheiro, ficando isoladas das técnicas ensinadas. Notar que a matemática financeira é um fundamento que, por si só, pouco significa.

Macedo assinala que as técnicas de administração, na sua opinião, podem ser deixadas para mais tarde (um MBA ou um Mestrado), após o engenheiro ter ganho mais experiência e conhecer a vida de empresa. O que não pode ser

¹⁸⁰ Usamos o termo "conceituadas" e não "superiores" ou "melhores", pois sabemos que entra aqui a imagem da escola diante da sociedade, e não uma avaliação realizada diante de critérios objetivamente especificados.

¹⁸¹ Conferência plenária apresentada no Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia 2004, realizado na Universidade de Brasília, de 14 a 17 de setembro de 2004, pela ABENGE.

¹⁸² Informação corroborada academicamente em H. M. Caulliraux, *Estratégias de Produção e Automação: Formulação e Análise, Tese de Doutorado*, Programa de PG em Engenharia Elétrica, PUC/RJ, 1990; e em S. J. M. da Silva Filho, *Proposta de sistema de medição de performance baseado no método balanced scorecard para organizações em redes habilitadas por tecnologia de informação e comunicação, Tese de Doutorado*, Programa de Engenharia de Produção, COPPE/UFRJ, 2005.

deixado para depois é o desenvolvimento da capacidade de trabalhar em equipe, tanto quanto às atitudes necessárias (há um etos próprio a este trabalho que difere do etos científico), quanto a saber falar, expor, escutar, dividir o trabalho segundo as capacidades individuais (que nunca são as mesmas) e segundo o momento de cada membro da equipe.

Este último item é corroborado pela extensa pesquisa realizada por Kelley¹⁸³, da Carnegie Mellon University, diretamente junto à indústria estado-unidense, buscando caracterizar um "star engineer". Kelley não explicitou um sentido preciso para o termo, deixando-o à interpretação do entrevistado – à parte o fato de denotar um "engenheiro de qualidade", seja lá o que se entender por qualidade. O pesquisador passou anos analisando os engenheiros em sua atuação e correlacionando as características pessoais dos engenheiros à qualidade de sua atuação, como indicada pelos colegas e superiores. A conclusão aponta mais para atitudes e habilidades de relacionamento do que para um domínio excepcional dos conhecimentos técnicos, sem desprezar este conhecimento: *"The stars were not standouts because of what they had in their heads but because of how they used what they had"*. A notar que a pesquisa foi realizada no ambiente norte-americano, onde os engenheiros recebem uma formação essencialmente técnica, sem base científica maior – e os EEUU não podem ser acusados de dependência tecnológica; e foi centrada em empresas de alta tecnologia. Nove atitudes e habilidades principais são destacadas:

- Desenvolver iniciativas acima e além das descrições funcionais, preenchendo as lacunas da equipe (além de cumprir o que lhe está determinado) de forma a ampliar sua ação, beneficiando colegas e clientes. As expectativas sobre estas iniciativas dependem do nível de experiência: pequenas no início, grandes e arriscadas mais tarde.
- Montar redes informativas eficientes, ligando quem sabe de forma rápida. Construir, manter e operar redes de especialistas, compartilhando conhecimento para benefício mútuo.
- Auto-gerenciamento pró-ativo: desenvolver um portfolio de talentos e experiências de trabalho que adicione valor à empresa.
- Saber ir além de seu próprio ponto de vista, pesquisando as diferentes perspectivas envolvidas (colegas, clientes, fornecedores, usuários, etc.).
- Trabalhar com os líderes de forma cooperativa para atingir os objetivos da empresa, com julgamentos críticos e independentes sobre o que precisa ser feito e como fazê-lo, mesmo havendo diferenças de personalidade ou de posição diante do trabalho.
- Contribuir positivamente para a dinâmica da equipe, ajudando seus membros a sentir-se parte dela, negociando conflitos e ajudando os outros a resolver problemas.
- Liderar com "I" pequeno: considerar as necessidades, habilidades, aspirações e capacidade de trabalho dos outros membros da equipe. Perguntar primeiro, nunca supondo conhecer tudo sobre os outros.
- Perceber que toda grande organização abarca interesses contraditórios mas legítimos.
- Selecionar a mensagem correta para uma audiência específica ou a audiência correta para uma mensagem específica. Conhecer seu público e a ele adaptar a mensagem.

Isto é, atitudes e habilidades desconsideradas nos currículos tradicionais das escolas de engenharia brasileiras ou norte-americanas (cujos métodos didáticos chegam a desvalorizá-las¹⁸⁴) mostram-se essenciais para o desempenho profissional de excelência!

¹⁸³ Robert E. Kelley, *Becoming a star engineer*, IEEE Spectrum, vol. 36, n. 10, 1999 (ver <http://socrates.coloradotech.edu/~it53x/StarEng.html>).

¹⁸⁴ A preponderância da avaliação individual sobre trabalhos essencialmente acadêmicos exige o contrário do espírito de colaboração e capacidade de contextualização que estão no centro da atitude do *star engineer*. E nada é feito na direção deste tipo de formação, a não ser, de forma embrionária, a

Outras formas de tomada de informação sobre a situação do mercado de trabalho são mais simples e podem ser realizadas continuamente, a partir da estrutura de gerenciamento da escola. Uma listagem de fontes de informação sobre o mercado de trabalho, recolhida junto às escolas estado-unidenses e francesas visitadas pelo autor, é dada a seguir:

- Professores da escola trabalhando na indústria (em geral horistas);
- Professores em contato direto com o mercado de trabalho, através de projetos, consultorias ou ainda realizando pesquisas sobre seus interesses e direções;
- Responsáveis pelas incubadoras de empresas associadas à escola;
- Ações de formação contínua para empresas, analisando tanto as solicitações destas quanto as informações obtidas pelos professores que as negociam, organizam e delas participam;
- Associação de antigos alunos, quer por consultas de opinião, quer pelo levantamento de estatísticas sobre suas ocupações (setores de trabalho, domínios de atividade, empregadores), cargos e funções exercidas (ao longo do tempo de carreira);
- Representantes do mercado de trabalho e dos antigos alunos nos júris de teses e trabalhos ou nas diferentes instâncias da administração acadêmica (conselho universitário, conselho de desenvolvimento, conselhos de ensino e/ou de pesquisa, comissões especiais – reforma curricular, etc.);
- Havendo um sistema organizado de estágios profissionais ou de projetos para alunos, os responsáveis (nas empresas e na escola) pelos estágios, os propositores de temas para projetos de alunos, ou as estatísticas de oferta de estágios (considerando as empresas, e as funções e os postos de trabalho oferecidos);
- Feiras para apresentação de empresas em vista de oferta de estágios ou empregos (Mostra PUC, no Rio de Janeiro, e o Forum da École Centrale, em Paris, por exemplo);
- Feiras industriais setoriais e Federações industriais (FIESP, FIRJAN, etc.);
- Contatos realizados pela Empresa Júnior ou pelo Escritório Modelo;
- Auditoria externa realizada por empresas especializadas e/ou especialistas acadêmicos.

Todos estes contatos pressupõem a existência de uma estrutura formalmente encarregada de coletar dados e de ponderar cuidadosamente as informações coletadas, principalmente porque a escolha dos representantes do mercado de trabalho nunca é controlada por amostragens significativas.

Quanto mais formalizado o contexto industrial, mais fácil a interação deste com a escola de engenharia, e também mais representativa a informação obtida - mas esta não é a realidade brasileira. Por outro lado, algumas das fontes de informação acima pressupõem uma organização ativa por parte da escola de engenharia, como centrais de estágio acompanhando academicamente os alunos (e não apenas cuidando dos contratos exigidos pela lei), comissões de desenvolvimento buscando organizar o contato indústria-universidade, associações de antigos alunos com contato efetivo e representativo com estes, e, finalmente, uma estrutura acadêmica especialmente preocupada com o assunto, coletando e discutindo os dados e informações¹⁸⁵.

realização de trabalhos de fim de curso em grupo ou estágios não controlados (a contrário do que ocorre na França, nos dispendiosos – para o governo francês – cursos das Grandes Écoles, que, atendendo a uma pequena elite social, usam grande parte do tempo do aluno na realização de trabalhos colaborativos sobre problemas de engenharia, realizados em grupo e sobre problemas definidos por empresas; na Alemanha, onde o orgulho das escolas de engenharia é seu sistema de estágios junto a empresas, o trabalho em equipe ou o acompanhamento acadêmico não são tão estritos).

¹⁸⁵ Lembrar que professores-pesquisadores que só conhecem a indústria a partir de alguns contratos com a mesma grande empresa, e sobre o mesmo tema, não costumam ter uma idéia clara do mercado de trabalho ou do leque de funções exercidas por engenheiros, mesmo na empresa com a qual trabalham.

Foram indicadas acima várias formas e direções para levantar dados para o perfil de formação a partir do mercado de trabalho de forma a imunizar as conclusões a críticas imediatas construídas a partir de algum conhecimento sociológico ou político¹⁸⁶. Simultaneamente foram expostas as conclusões de algumas pesquisas já realizadas. Do que foi mostrado acima podemos perceber a tensão entre alternativas que dependem da evolução histórica e econômica da sociedade – como o tradicional confronto entre os defensores da formação generalista e os defensores da formação especialista. Uma primeira análise permitiu recolocar esta discussão em novos termos e perceber a tensão entre uma formação individualista voltada para conteúdos técnicos (dominante no imaginário brasileiro) e as características assinaladas para os *star engineers* ou para o *engenheiro REENGE*, na realidade uma tensão entre papéis sociais diferentes cobrados, no Brasil, do mesmo profissional.

Uma observação final

O mercado de trabalho tem seus próprios mecanismos de levantamento dos perfis profissionais procurados. Há mesmo empresas especializadas nisto. Como exemplo, citaremos a seguir uma reportagem publicada no diário Folha de São Paulo, caderno Classificados/Empregos, em 7 de setembro de 2003, folha F8¹⁸⁷. Nela vemos aparecer com clareza o perfil do engenheiro com visão gerencial, e a realidade do mercado de trabalho em São Paulo naquele momento. A notar que os dados não permitem separar duas situações diferentes: (a) o mercado de trabalho em São Paulo já estar correspondendo ao esperado na sociedade pós-industrial, sendo um mercado pós-fordista¹⁸⁸, isto é, prevalecer a necessidade de engenheiros com visão gerencial que nunca chegam a passar pelo chão de fábrica (isto é, nunca usam o "capacete de engenheiro"); (b) o dito mercado ainda corresponder à sociedade industrial (ou fordista), mas a amostra considerada (na pesquisa) estar captando principalmente a realidade de engenheiros mais experientes, que já abandonaram o capacete. A autora do artigo parece acreditar na normalidade da segunda situação, mas expressa claramente que, se este é o caso, a situação está mudando rumo à maior necessidade de engenheiros com visão gerencial (isto é, acredita que sua amostra não é viciada na direção de engenheiros mais experientes).

O mercado de trabalho lato-senso está claramente definido neste artigo, e a sua formação ampla (apropriada para este mercado) mais ainda. Leia até o fim, e verá que esta formação ainda deve ser "completada" para atingir eficazmente todo este mercado de trabalho: é o perfil gerencial ainda pouco conhecido no país.

"Engenheiro ergue carreira diversificada

Eles fazem parte da mais "empregável" das profissões. Na faculdade, formação ampla, abrangendo cálculo, treinamento de pessoal, economia e planejamento estratégico. São requisitados pelo mercado em áreas tão díspares como vendas e finanças. Até parece o perfil de uma profissão nova, recém-inventada, mas não é. Trata-se de uma área bem tradicional: a engenharia.

O hábito de usar gravata e viver às voltas com indicadores financeiros está crescendo dia a dia entre esses profissionais, que aposentam o capacete mais cedo para se dedicarem a tarefas antes restritas a administradores. Em troca, recebem salários elevados¹⁸⁹.

¹⁸⁶ Nada está imune a críticas sociológicas, nem o pensamento sociológico em si...

¹⁸⁷ De autoria de Maria Helena Martins, *free-lancer* para a Folha de São Paulo. A reportagem será citada por completo para que o contexto fique bem claro.

¹⁸⁸ Cf. Lazzarato e Negri, *op. cit.*

¹⁸⁹ Grifo nosso.

Pesquisa da consultoria de RH Manager ilustra o fenômeno. Segundo o estudo, de outubro de 2002 a agosto de 2003 a engenharia aparece em primeiro lugar entre as formações mais solicitadas pelo mercado. Na média do número de vagas oferecidas, os setores que mais procuram engenheiros são, respectivamente, o de produção, o de compras, o comercial, o administrativo, o de informática e o financeiro.

Para o ex-ministro do Trabalho (1992-1994) Walter Barelly, professor da Unicamp (Universidade de Campinas), a engenharia traz formação completa "devido ao conjunto de conhecimentos proporcionados pelo curso".

As empresas contratantes parecem achar o mesmo. No período de estudo da Manager foram registradas 2.343 ofertas de trabalho para engenheiros, mais do que as oportunidades surgidas para especialistas em economia, ciências contábeis ou marketing.

Concorrência

A idéia de que há vaga para todo engenheiro é, contudo, falsa. A diversificação das áreas de atuação do profissional também é fruto da saturação de engenheiros no mercado, explica a gerente de recrutamento da Manager, Lúcia Pinho: "A concorrência acirrada leva o recém-formado a partir para a área comercial e para empresas do setor financeiro".

Na disputa com outros candidatos, o engenheiro leva vantagem por ter visão sistêmica de planejamento, atributo bastante valorizado, e capacidade de criar controles, fluxos de caixa, análises de orçamentos e de custos.

Segundo levantamento da consultoria de recolocação de executivos Fesa, as especialidades da engenharia mais solicitadas em 2002 foram produção, elétrica-eletrônica e civil, seguidas por aeronáutica, naval, mecânica, química e industrial.

Renata Fabrini, vice-presidente da Fesa, lembra, contudo, que "embora a formação em engenharia seja um diferencial e aumente as chances de contratação, não é receita de bolo". Em outras palavras, não basta o título de engenheiro para impressionar os selecionadores. É necessário investir também em estudos mais aprofundados na área almejada.

Para quem quer migrar para o setor bancário, por exemplo, características importantes são capacidade de persuasão, raciocínio lógico, dinamismo, liderança e resistência à pressão."

A reportagem ainda compara salários de empresas de engenharia com os salários do setor financeiro, que são 50% mais altos. Só não explica porque o engenheiro que perde a concorrência nas áreas de engenharia "com capacete" busca, então, um salário mais alto, no mercado estendido. Mais ainda, consegue obter este emprego em concorrência com administradores e economistas – ver a opinião de Fabrini, citada no texto, formalmente aptos a exercê-los (se considerarmos as respectivas definições legais das profissões). Aliás, este problema é tratado em outra reportagem na mesma página da Folha de São Paulo: "Salário compensa troca de posto". O espanto quanto ao mercado de trabalho estendido para engenheiros mostrado no texto, afirmado pelos dados recolhidos, é mais um exemplo de como este mercado e o engenheiro com visão gerencial ainda não foram absorvidos no imaginário brasileiro.

Por outro lado, apesar da crítica de Macedo citada acima, a formação atual em engenharia fornece "visão sistêmica de planejamento ... e capacidade de criar controles, fluxos de caixa, análises de orçamentos e de custos" em nível superior às outras formações.

III.2. Ponto de vista da sociedade

A construção do currículo de engenharia é influenciada por demandas sociais, de forma direta ou indireta. O que é uma exigência constitucional: "A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho"¹⁹⁰. Vejamos alguns exemplos.

O aluno que entra na escola de engenharia pretende obter trabalho no melhor nível possível, o que, no caso de haver concorrência entre escolas, as leva a dirigir seus currículos para o mercado de trabalho – ou para a porção do mercado de trabalho que pretende atingir. Podemos ver esse fenômeno ocorrer de forma explícita nas principais universidades privadas do país (e nas escolas de engenharia norte-americanas ou européias, sempre à busca de candidatos ou dos melhores candidatos)¹⁹¹.

Por outro lado, a marca social associada à história de cada escola concede maior liberdade de escolha curricular às de maior prestígio (Polytechnique de Paris, Cambridge, MIT, Politécnica da USP, por exemplo), e faz com que escolas diferentes possam ser sensíveis a diferentes porções do mercado de trabalho. A grande separação, neste ponto, parece ocorrer entre as escolas que promovem o acesso à gerência e aquelas associadas ao enquadramento na função técnica junto à produção industrial, isto é, a escolha entre papéis sociais essencialmente diferentes¹⁹². Assim, as escolas de engenharia aparecem como instrumentos de reprodução social, reforçando as relações de produção e reafirmando os valores sociais tradicionais – associados aos papéis sociais apontados – por trás de um discurso aparentemente moderno (ou pós-moderno...). O que é corroborado pela pesquisa de Bordieu¹⁹³.

Nesta direção, é preciso lembrar que professores tendem a ser apegados ao aprendizado que fizeram, historicamente datado e socialmente marcado, reinterpretando as mudanças curriculares de acordo suas crenças e suas práticas¹⁹⁴, em geral estabelecidas quando de sua formação pessoal. Esta é uma das maiores dificuldades apontadas para reformas da escola em todos os níveis, em especial para o ensino médio¹⁹⁵.

Demandas sociais explícitas também aparecem via determinações governamentais, como os antigos currículos mínimos ou as novas diretrizes curriculares, resultado de luta política entre grupos buscando o controle da profissão. O corporativismo das associações profissionais contra os valores acadêmicos dos professores é um bom exemplo, cada um dos grupos agindo no seu campo próprio, cuja intercessão é exatamente o currículo professado¹⁹⁶.

¹⁹⁰ Artigo 205 da Constituição do Brasil.

¹⁹¹ Boa parte das escolas locais, sem concorrência, limita-se a seguir um currículo tradicional, em geral composto a partir de conteúdos já fixados em alguma escola conhecida, adaptando-o aos meios (professores, laboratórios) disponíveis, os quais tornam-se determinantes na escolha de variações curriculares. A dificuldade dos alunos passarem a outra cidade e a inexistência de concorrentes locais conforta-as na sua posição.

¹⁹² Papéis diferentes que coexistem em uma mesma empresa, que pode preferir contratar gerentes egressos de uma escola e técnicos egressos de outra, como visto no setor elétrico, Gama, *op. cit.*

¹⁹³ P. Bordieu, *A economia das trocas simbólicas*, São Paulo, SP: Editora Perspectiva, 2001.

¹⁹⁴ Tecnicamente falando, de acordo com o *habitus* de seu estamento social, usando a terminologia de Bordieu. Uma profunda análise deste fenômeno, no contexto francês, aparece em Bordieu, *op. cit.*

¹⁹⁵ Ver os relatórios anuais da NSF falando sobre a dificuldade em afetar o ciclo K12, por exemplo. O testemunho da equipe do MIT que visitou o Brasil em 2002, convidada pela FINEP, foi pungente: após alertar para a diferença entre os objetivos gerais da escola que estavam apresentando e a sua realidade, gerada pela resistência dos professores a adaptar suas práticas ou mesmo se informar sobre as decisões do colegiado e da direção, conclamou os presentes a pensar o problema e buscar soluções em conjunto.

¹⁹⁶ A nova LDB, separando a concessão do diploma da certificação profissional não eliminou esta luta, pois sempre resta o recurso de não credenciar os egressos de escolas que não se pautem por regras

Um exemplo essencial de ação governamental é a reforma das universidades brasileiras a partir da criação da pós-graduação, resultado de um conjunto de fatores históricos e econômicos citados no primeiro capítulo¹⁹⁷. Embora o movimento não fosse dirigido para reformar o ensino de graduação em engenharia, à medida que os professores foram sendo melhor qualificados em suas disciplinas, ganhando visão de pesquisa – o que exigiu programas de qualificação financiados pela CAPES e uma vontade política nem sempre firme na troca dos sistemas de promoção de professores/pesquisadores nas universidades públicas – houve uma modificação efetiva deste ensino, lenta mas progressiva.

O *motu* era "para um bom ensino basta uma boa pesquisa", o que não constitui uma pedagogia consistente. A passagem ao ideal da "engenharia científica" e seus resultados contraditórios já foram comentados no primeiro capítulo, mas o ganho na qualidade da discussão acadêmica é inegável, ao menos nas escolas que souberam ou foram obrigadas a pós-graduar seus professores de graduação. Veja-se que boa parte do esforço dos governos da década final do século XX foi trazer esta reforma a todas as universidades do país, forçando as universidades privadas diretamente (cotas obrigatórias de professores pós-graduados) ou indiretamente (através da análise das condições de oferta, um dos itens do Exame Nacional de Cursos), sem considerar o financiamento dos custos envolvidos. Cabe lembrar que esta é uma reforma da estrutura universitária, mas não dos cursos de graduação, diretamente.

Mais interessante é o caso em que demandas sociais explícitas influenciam currículos a partir de uma visão de futuro que introduz diretamente novos valores.

Demandas sociais inovadoras – e mesmo portadoras de uma visão estratégica diferente da defendida pelo governo – podem ser veiculadas através de instâncias governamentais, como ilustra o caso do programa PRODENGE/REENGE¹⁹⁸, que buscava provocar uma reforma no ensino de engenharia no Brasil, a partir da visão estratégica do Professor W. P. Longo. Toda reforma educacional é um ato político, tanto por representar uma escolha de uma direção a ser tomada e de métodos que se acreditam eficazes para atingir esta finalidade, quanto por ocorrerem em um campo de interesses políticos – a escola, seus currículos, seu contexto social e econômico – onde objetivos, propostas e meios precisam ser negociados. Os textos fundadores do PRODENGE não escapam deste quadro, começando por expor uma coleção de problemas, uma visão do mundo, e defendendo explicitamente uma visão estratégica para o país, sem fixar, *a priori*, os caminhos a serem seguidos¹⁹⁹, expostos, com clareza, por Longo e pelo edital do PRODENGE²⁰⁰.

determinadas pelo sistema CONFEA/CREAs. A luta foi remetida à criação e à aplicação de novas regras de credenciamento, o que exigirá vontade e capacidade por parte das corporações profissionais, sendo os campos de batalha a esfera legal e a do mercado de trabalho (que pode, simplesmente, ignorar o credenciamento oficial, como já o faz, atualmente, na esfera privada). Instâncias sociais, como o sistema CONFEA/CREAs, tentam aumentar o seu campo de atuação, isto é, a sua esfera de poder.

¹⁹⁷ Ver também Hobsbawm, *A Era dos Extremos*, Rio de Janeiro, RJ: Companhia das Letras, 2001.

¹⁹⁸ O programa PRODENGE foi composto de dois sub-programas, o REENGE, de "reengenharia da engenharia", título depois abandonado, e o PRODENGE, para a criação de redes de pesquisa empresas-universidades. Ver MCT/FINEP; *PRODENGE - Programa de Desenvolvimento da Engenharia, Documento Básico*; Rio de Janeiro, RJ: FINEP, 1995.

¹⁹⁹ Como a chance de mudança a partir da mera constatação de um problema é pequena, foram amealhadas propostas diversas, algumas abertamente contraditórias, para iniciar a discussão e por em marcha um processo de reforma visando enfrentar o problema assinalado. Este segundo caminho é mais claro no REENGE, pois o PRODENGE/RECOPE partiu de uma solução pronta: a criação de redes de pesquisa formadas por instituições acadêmicas e empresas, orientadas para problemas específicos considerados mais relevantes para o desenvolvimento econômico do país; deixando a discussão apenas para a escolha dos temas a serem apoiados.

²⁰⁰ Longo, W. P.; *Ciência e tecnologia e a expressão militar do poder nacional*; Relatório da ESG TE-86 DACTec. Rio de Janeiro, RJ: Escola Superior de Guerra, 1986; Longo, W. P.; *Ciência e tecnologia: evolução, inter-relação e perspectivas*; *Anais do 9º Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, vol. 1. Porto Alegre, RS, UFRGS, p. 42, 1989; Longo, W. P., Rocha, I. e Telles, M. H. C.;

Basicamente, foi apontada a importância crescente do domínio tecnológico para a independência política e econômica do país; e verificado que a medida deste domínio tecnológico não estaria na produção de artigos científicos, mas na capacidade de transformar conhecimento em produtos (isto é, inovações tecnológicas) – e isto em um cenário de crescente competição internacional. E esta é a tarefa dos engenheiros, cuja formação deve levá-la em consideração. Dando a palavra ao próprio Longo²⁰¹:

"Estima-se que mais de 80 % do conhecimento científico e tecnológico foi produzido depois da Segunda Guerra Mundial, e supondo que não haja mudanças nesta direção na próxima década, em torno de 50% de todos os produtos futuros não foram ainda desenvolvidos. As mudanças contínuas no conhecimento e na capacidade técnica requerem que novas competências venham a ser dominadas pela força de trabalho. ... Então, as universidades são instadas a "reengenheirar" seus programas educacionais de forma a preparar profissionais com os conhecimentos intelectuais necessários para enfrentar esta nova realidade."

Análises posteriores²⁰² mostram que, depois que o país assinou os acordos internacionais sobre patentes, uma parcela significativa das importações brasileiras situa-se no item de pagamento de propriedade intelectual (*royalties*). De fato, a maioria dos equipamentos e métodos industriais aqui empregados é adquirida no exterior, com um número mínimo de patentes brasileiras. O movimento que originou o PRODENGE/REENGE parte destas constatações, e da inevitabilidade da questão, qualquer que seja a orientação política do país.

O REENGE partiu da visão de que engenheiros participam do esforço econômico nacional, em uma atividade de relevância econômica direta. Mais ainda, trabalham no núcleo do processo de produção de riquezas, para usar uma expressão tradicional. E as escolas de engenharia devem prepará-los para tal, ou então estão fazendo algo diferente de atingir a finalidade a que foram destinadas. Onde estabeleceu a relação entre a formação do engenheiro – o ensino de engenharia – e os fatos econômicos e os processos de produção atuais ou a serem usados no futuro (provavelmente), sugerindo que as escolas de engenharia tirassem daí as consequências pedagógicas²⁰³. Idem, quanto à aproximação entre a escola de engenharia e as empresas, desde que sem subserviência de uma em relação à outra – afinal, a escola atende também a outros interesses. Na discussão aberta ocorrida na preparação do REENGE, foi lembrada a necessidade de lembrar que o contexto de atuação do engenheiro não se confina à visão redutora atualmente aplicada à economia (que a reduz ao setor financeiro), visão nascida da ideologia atualmente dominante (neo-liberais e ministros da área econômica, as duas classes não sendo excludentes)^{204, 205}.

Dentro do REENGE (e defendido pela coordenação do programa) foi proposto um sistema de relacionamento com a indústria. Mas qual indústria? Com notórias exceções como a Petrobrás e a Eletrobrás, a indústria brasileira não utilizava o engenheiro projetista com visão empreendedora e voltado para a inovação tecnológica, um dos modelos do REENGE (o modelo principal, se

"Reengineering" engineering research and education in Brazil: cooperative networks and coalitions; *Science and Public Policy*, Vol. 27, n. 1, pp. 37-44, 2000.

²⁰¹ Usamos o texto de um artigo publicado em Longo et al., 2000, citado na nota anterior, pois este resume rapidamente a situação sem referências implícitas ao contexto brasileiro.

²⁰² Neste sentido, ver os diversos artigos do Prof. Nikolski, da UFRJ, publicados na seção Opinião, do Jornal do Brasil, 2003.

²⁰³ O que faz parte da consideração do contexto em que se situa este processo educativo, conforme exigido por Candau, V. M., Reformas educacionais hoje na América Latina, in Moreira, A. F. B. (org.), *Currículo: políticas e práticas*; Rio de Janeiro, RJ: Papirus Editora, 1999.

²⁰⁴ Ver L. A. Meirelles e M. A. da Silveira, Sumário da experiência brasileira; *Preprints do First International Seminar on Engineering Development Programs*; Rio de Janeiro, RJ: CTC/PUC-Rio, pp. 174-182, 1995.

²⁰⁵ Para uma maior discussão, ver M. A. da Silveira, Sobre as idéias centrais do REENGE, Anais do COBENGE2003; Rio de Janeiro, RJ: UFRJ.

considerarmos os textos preparatórios). O RECOPE foi criado exatamente para aumentar este relacionamento e incentivar a indústria brasileira em trabalhos de desenvolvimento industrial e tecnologia de ponta, considerado insuficiente.

Como visto no primeiro capítulo, esta visão coadunava-se com a da NSF/EEUU exposta em diversos relatórios (já citados) e em seu programa de reforma do ensino de engenharia, e também com a visão exposta em relatórios europeus – sendo o esquema apresentado pelo REENGE central nas principais escolas de engenharia francesas e nas Technische Universität alemãs.

Em resposta ao edital do REENGE, vieram os projetos das escolas de engenharia. Nenhuma rede de escolas se formou, nem aparecem contatos concretos destas com empresas para fins do curso de graduação, além dos pré-existentes. Embora o discurso de todos os projetos repetisse aquele apresentado no Termo de Referência do PRODENGE e no Sumário da Experiência Brasileira²⁰⁶, propondo enormes modificações curriculares e pedagógicas, a quase totalidade do financiamento foi aplicada na resolução de carências materiais.

Houve mudanças culturais? Houve. Basta olhar o conteúdo dos COBENGES e da Revista de Ensino de Engenharia, publicada pela ABENGE. A discussão sobre o ensino de engenharia, suas características, sua relação com o desenvolvimento do país e sua necessidade de mudanças, ressurgiu em outros foros. A qualidade da educação em engenharia deixou de ser considerada uma simples consequência da pesquisa – ou ao menos esta questão tem sido problematizada com maior força e profundidade. O movimento gerado a partir do REENGE levou às proposições da ABENGE e influenciou fortemente as Diretrizes Curriculares do MEC. Além disso, um conjunto de técnicos e pesquisadores foi seriamente preparado para estudar os problemas de relacionamento indústria-universidade e desenvolver a política promovendo inovações, e que pode ser encontrado, por exemplo, nos créditos do Livro Branco de Ciência e Tecnologia (MCT, 2002).

Outro exemplo de influência das organizações sociais é a ação dos grupos organizados que fundaram ou influenciaram parte das principais universidades atuais. Pela afirmação de determinados valores, estas universidades permitiram o aparecimento de modelos educacionais diferentes. Exemplos particulares são os grupos estadunidenses financiados por doações de empresas ou de benfeitores; e os grupos religiosos presentes através das universidades confessionais, como as universidades católicas (as PUCs e a UNISINOS, por exemplo) e as universidades luteranas (ULBRA - Universidade Luterana do Brasil, em Canoas, RS, e FEPAR - Faculdade Evangélica do Paraná, por exemplo), que buscam a afirmação de valores religiosos e/ou humanísticos para além do conhecimento técnico.

III.3. Ponto de vista da academia

A academia é responsável por pensar criticamente o futuro, evitando escolhas ideológicas simplistas, e integrando as diversas demandas sociais em um currículo compatível com as possibilidades históricas e locais da instituição, com as possibilidades psico-pedagógicas do aprendizado e com as tendências da ciência e da tecnologia. Isto é, deve discutir valores, visões de futuro e tendências tecnológicas, econômicas e sociais, apresentando e indicando alternativas. Cabe-lhe pensar a estrutura do conhecimento: estado da prática, estado da técnica e estado da arte, e suas tendências, a partir das informações sobre a indústria, o mercado de trabalho e a ciência; e integrá-las ao currículo de forma adaptada à formação pretendida.

De um ponto de vista da metodologia pedagógica, a pergunta inicial a ser respondida pode ser dada como: Conhecimento para quê? E conseqüentemente:

²⁰⁶ Meirelles, L. A. e da Silveira, M. A., 1995, Sumário da experiência brasileira; *Preprints do First International Seminar on Engineering Development Programs*; Rio de Janeiro, RJ: CTC/PUC-Rio, pp. 174-182, 1995.

Qual conhecimento? Conhecimento para resolver problemas (e quais problemas), conhecimento para domínio de um discurso (também necessário nas tarefas gerenciais), ou alguma outra opção?

Aqui se coloca o problema do interesse do conhecimento e da formação. Conhecimento para quem? De um lado, que alunos frequentarão a escola, qual o público que pretende atingir? De outro lado, que parcela da sociedade será suprida por engenheiros pela escola? Retornamos ao mercado de trabalho: a escola pretende formar professores e pesquisadores para seu próprio interesse ou engenheiros para o mercado de trabalho? E para qual mercado de trabalho? E para cumprir qual função política dentro do mercado de trabalho (semear novas idéias, adequar-se à ordem vigente)? As respostas a estas perguntas dependem de um questionamento interno à instituição de ensino: quais suas possibilidades (geográficas, políticas, financeiras), quais seus recursos, que público atinge ou pretende atingir, quais seus interesses principais, qual a sua história e imagem social, e o que elas permitem ou restringem?

Outra direção de questionamento considera o que é possível ser aprendido, considerando o aluno que é admitido, os meios e o tempo de estudo – que limitam seriamente as pretensões utópicas das listas de competências montadas a partir do mercado de trabalho, das expectativas da sociedade, e, *last but not least*, da expectativa dos professores, dispostos a conceder a prioridade às suas respectivas especialidades (principalmente se são pesquisadores).

A educação seqüencial habitual gera um paradoxo: a informação a ser absorvida pelo aluno (somando as exigências de todos os professores) exige mais tempo que o disponível ao longo do curso, e estará em grande parte ultrapassada antes que possa ser aprendida. Este paradoxo tem levado à reconsideração do ensino ativo, com origem nas pesquisas de Dewey²⁰⁷, e sua conexão com a estratégia didática de aprendizado a partir de problemas (ou ensino concorrente). Esta mudança estratégica corresponde a uma resposta diferente à pergunta acima, onde o conhecimento acadêmico disciplinarmente organizado é substituído pelo desenvolvimento das bases do conhecimento e de uma atitude pró-ativa de forma a tornar o engenheiro capaz de gerenciar o seu próprio fluxo de informações em função de suas necessidades (aprender a aprender)²⁰⁸. Mudanças deste tipo exigem uma posição ativa por parte da comunidade acadêmica, pois levam a mudanças estruturais na universidade e a mudanças de *habitus* e de comportamento por parte dos professores.

E, finalmente, como organizar o currículo a partir de perguntas fundamentais: Qual o cidadão a ser formado? Qual o modelo social pretendido, no qual será baseada a formação? Quais os valores e interesses a serem desenvolvidos? Qual escola²⁰⁹? Qual estrutura diante das diferentes formas de geração de conhecimento²¹⁰? Como organizar o relacionamento da escola e do curso de engenharia com o mundo externo²¹¹?

Exemplos brasileiros de planejamentos estratégicos levando em consideração estas questões são dados pela UFMG, a partir de 1994, e pela Escola Politécnica da USP, ainda alterando seu curso de engenharia a partir da eliminação das faculdades (mas sem integrar os institutos de ciências básicas),

²⁰⁷ J. Dewey, *How we think*. Lexington, USA: D. C. Heath & Co.

²⁰⁸ M. A. da Silveira e Luiz C. Scavarda do Carmo, Sequential and concurrent teaching: structuring hands-on methodology, *IEEE Trans. Education*, Vol. 42, n. 2, pp. 103-108, May 1999.

²⁰⁹ Estas preocupações são discutidas nos textos publicados nos congressos em educação em engenharia, como os COBENGs, os congressos sobre educação em engenharia da ASME, e os ICEEs, todos reuniões anuais discutindo estes temas e apresentando exemplos concretos. Ver, também, I. von Lisingen, L. T. V. Pereira, C. G. Cabral e W. A. Bazzo (org.), *Formação do engenheiro*; Florianópolis, SC: Editora da UFSC, 1999; W. A. Bazzo, L. T. V. Pereira e I. von Lisingen, *Educação Tecnológica*; Florianópolis, SC: Editora da UFSC, 2000; e, mais no contexto dos ensinos fundamental e médio, A. F. B. Moreira (org.), *Currículo: política e práticas*; Campinas, SP: Papirus Editora, 1999.

²¹⁰ Gibbons, M., *Higher Education Relevance on the 21st Century*. Washington: World Bank, s. d.

²¹¹ J. Aranha, J. A. Pimenta-Bueno, L. C. Scavarda do Carmo e M. A. da Silveira; Entrepreneurship formation: the PUC-Rio experience, *Proceedings of the ICEE98*, CDROM; Rio de Janeiro, RJ: CTC/PUC-Rio, 1998. <http://www.ctc.puc-rio.br/icee-98>.

com abertura para formação internacional e a definição de um perfil generalista para seus engenheiros.

Mais comumente, as instituições tendem a trabalhar a partir de exemplos externos, adaptando-os às próprias condições. Um exemplo é o CEFET-PR, que organizou um curso de engenharia com perfil inovador no país, centrado na produção e no desenvolvimento técnicos (características coerentes com sua história anterior: ensino técnico fortemente integrado à crescente indústria local) – e apoiado inicialmente em forte relacionamento com instituições estadunidenses (via USAID), e depois em instituições alemãs (via DAAD), até alçar vôo com asas próprias.

Em uma dada instituição, a responsabilidade de escolher valores, uma visão de futuro e um perfil de formação, e daí especificar competências, atitudes, etc, desenhando o currículo, cabe à sua direção e a seu corpo de professores. Como organizar uma mudança curricular de um dado curso de engenharia dentro do contexto de uma dada escola²¹²? Talvez a parte mais importante do texto a seguir – organizado a partir da análise dos exemplos citados e do exemplo das Écoles Centrales francesas²¹³, é a descrição de muitas das dificuldades encontradas ao montar um programa e tentar sua implementação.

Um bom começo é identificar os atores da montagem do currículo e estruturar o modo de operação. Os atores internos à instituição, responsáveis pela futura implementação, são a direção da instituição, seus professores e funcionários, e os alunos. A participação de representantes dos alunos é essencial para fazer aparecer o ponto de vista de quem sofre o processo de aprendizado, deslocando a posição magistral para um contato maior com a realidade de quem aprende. Leva a que os alunos, mais tarde, venham a exigir o cumprimento do estabelecido, motivando o professor por sua demanda. Mas o trabalho principal fica com os professores, que, como já foi dito, tendem a ser reativos a mudanças, tendo suas razões para tal atitude. Nada muda se não houver um convencimento geral do interesse do novo perfil de formação e da necessidade das mudanças curriculares e pedagógicas. Onde a importância de um trabalho participativo, com idas e vindas, críticas e ajustes, até se chegar a uma proposta final.

Atores externos são os representantes dos antigos alunos, empresários e representantes do mercado de trabalho (ver a seção anterior), especialistas e estudiosos da questão curricular, associações profissionais e, finalmente, auditores externos, em geral com experiência de planejamento estratégico. Estes atores externos são importantes para uma reforma curricular devidamente contextualizada que possa romper com os vícios da estrutura e currículo anteriores. A sua forma de participação deve ser organizada cuidadosamente, sob pena de ineficácia ou de desconsideração por parte dos professores.

Um erro observado com frequência é a falta de escolha de um animador do processo de reforma curricular dotado dos poderes necessários de convocação e encaminhamento, e meios para realizar estudos iniciais e reuniões específicas. Outro erro é partir de um conjunto de considerações iniciais excessivamente aberto, que dificulta a escolha de um critério objetivo de sucesso.

Um caso de interesse é a transformação da École Centrale de Lille em uma formadora de engenheiros generalistas voltados para a pesquisa e para a gestão de processos industriais, já comentada anteriormente. Assinala o responsável pela animação do processo (Prof. Philippe Deshayes, Diretor Adjunto da instituição) que o processo participativo utilizado teve sucesso graças:

²¹² Sugestões preciosas encontram-se em Ph. Perrenoud, *Travailler en équipe pédagogique: résistance et enjeux*; Genève, Suíça: Service de la recherche sociologique, 1993; S. Kramer, *Alfabetização, leitura e escrita: formação de professores em curso*; Rio de Janeiro, RJ: Papéis e Cópias e Escola de Professores, 1995; M. G. Arroyo, *Experiências de inovação educativa: o currículo na prática da escola*, in A. F. B. Moreira (org.), *Currículo: políticas e práticas*; Campinas, SP: Papirus Editora, 1999, adaptando-se suas análises ao ensino superior.

²¹³ Ver a descrição da criação da École Generaliste d'Ingénieurs de Marseille (EGIM) a partir de 2000, em <http://www.egim-mse.fr>.

- à escola ser pequena, com 50 professores de tempo contínuo, todos com experiência efetiva de contratos junto a empresas,
- à ausência de professores às voltas apenas com "ciência pura" (sic),
- à participação efetiva dos representantes dos alunos,
- à concordância inicial com um princípio básico: capacitar os alunos a aproveitar as melhores oportunidades no mercado de trabalho francês e europeu, medidas em termos de salários e possibilidades de progressão na carreira, rumo à autonomia profissional.

Este acordo inicial e um eficiente sistema de troca de informações com antigos alunos e empresas contratantes permitiu vencer a tendência dos professores de afirmarem a prioridade de sua especialidade ou metodologia, estabelecendo a discussão do currículo em novas bases, referenciadas ao contexto externo e ao interesse dos alunos. Assim foi possível discutir com relativa isenção valores, competências, etc., e passar a especificações de conteúdos e metodologias, tomadas como consequências lógicas do que fora estabelecido anteriormente. O sucesso pode ser medido pela pesquisa de opinião realizada pela revista *Capital*²¹⁴ entre os principais empresários franceses: o perfil de formação foi reconhecido pelos empresários e a escola apontada entre as 15 melhores escolas de engenharia na França – sendo a mais recente no grupo.

Ao inverso, podemos apontar um conjunto de questões que, não resolvidas, impedem o sucesso do empreendimento. Uma primeira questão é a presença de um grupo hegemônico de professores ligados a uma especialidade reduzida ou desconhecendo a realidade empresarial (ou o mercado de trabalho), em geral resultado da história da instituição. Esta situação é comum em "universidades de pesquisa", com professores cujos valores referem-se exclusivamente ao seu sucesso como pesquisadores científicos – o que não é o objetivo central de uma escola de engenharia. Neste caso as informações relativas ao mercado de trabalho são taxadas de irrelevantes, e as preocupações das empresas consideradas de "baixo nível científico".

Outras questões são: a existência de grupos lutando pelo poder político (disputa entre faculdades ou entre áreas), tão comuns nas universidades de grande porte, um resultado destas universidades terem sido formadas a partir da reunião de faculdades independentes; a ausência de informações sobre o contexto do curso – causada pela desconsideração (ou medo) dos atores externos – levando a uma instituição auto-centrada; a não participação de parcela expressiva do corpo docente, quer porque o animador não possui os poderes necessários às convocações, quer porque o comparecimento é episódico ou restrito às próprias intervenções. Finalmente, não é incomum parcela considerável do corpo docente desconfiar das intenções da direção da escola: De onde vem a proposta de reforma curricular?, Quais os interesses de quem a propôs?

Havendo um animador com os devidos poderes, cabe escolher o processo de discussão do perfil de formação & currículo. Alguns princípios podem ser delineados:

- Montar a discussão a partir dos atores internos, usando os atores externos para críticas, exemplos e sugestões.
- O processo é cheio de idas e voltas, até o necessário amadurecimento pessoal, comunitário (político) e temático. Se não houver convencimento de uma maioria significativa, a implementação será burocrática e ineficaz.
- Criar uma "coordenação de pensamento estratégico" permanente, que organizará um um fórum de discussão permanente, necessário à avaliação contínua do processo pedagógico.

²¹⁴ Les 150 diplômes les plus cotés, *Revue Capital*, Mai 2003, p. 94, ver www.capital.fr.

- Informar parte da discussão com estudos encomendados (comissões internas e/ou consultores externos), tomando cuidado para que seus resultados não sejam interpretados como imposições²¹⁵.
- A partir de um princípio primeiro, objetivado por referências ao contexto, como indicado acima, estabelecer a ordem da discussão, indo de critérios gerais e desligados do dia-a-dia do professor para as consequências que o afetam, passando pelas mudanças estruturais da escola a serem implementadas. A seguir uma sequência sugerida:
 - começar com a escolha dos valores e o estabelecimento de um perfil de formação genérico (o que inclui a escolha de um papel social);
 - considerar os caminhos profissionais desejados (papel social e domínios de atividade prioritários) e as atitudes a serem incentivadas;
 - escolher competências gerais (associadas ao perfil de formação) e seu detalhamento;
 - escolher habilitações e especialidades coerentes com o decidido e com a história e as possibilidades da instituição;
 - escolher competências específicas para as habilitações e seu detalhamento;
 - estabelecer os conhecimentos e *savoirs-faire* apropriados;
 - em função do já decidido, discutir as metodologias didáticas a serem empregadas e as estruturas acadêmicas necessárias para desenvolvê-las;
 - estabelecer a proposta curricular (estrutura curricular, grade curricular, mecanismos de acompanhamento, avaliação e *feedback*), tudo devidamente explicado e justificado.

Esta ordem não é absoluta, pois temas posteriores levarão à reforma de temas já discutidos, em um processo eminentemente dialético.

- Todos devem usar a mesma linguagem, o que exige a cuidadosa definição de todos os termos e a preparação de glossários detalhados. Um exemplo do risco de coexistência de interpretações conflitantes do mesmo termo é dado por Ropé e Tanguy²¹⁶, quando analisam os usos do termo "competência".
- Todas as reuniões devem ser cuidadosamente relatadas, gerando documentação consultável e explícita. Relatórios devem ser preparados a cada etapa, incluindo a apresentação do processo de discussão²¹⁷.

Finalizando, qual o ponto de vista a ser adotado pelo corpo acadêmico? A resposta só pode sair do processo de discussão, e só será efetiva e eficaz se o corpo docente e a direção da instituição estiverem convencidos, sentindo a proposta apresentada como um trabalho seu. E conseguir este grau de adesão é muito mais complexo do que escrever, individualmente, uma boa proposta.

III.4. Ponto de vista do aluno

Enquetes sociais mostram que a escolha da profissão e da escola de formação são determinadas principalmente pelas influências familiares, dentro dos limites impostos pela realidade (distância, custos, necessidade de trabalhar enquanto estuda, sucesso ou não nos concursos de entrada)²¹⁸. Colaboram com este quadro a expectativa sobre os papéis sociais relacionados com a profissão e esperados para os formados em uma determinada instituição. Neste ponto, a

²¹⁵ Dois exemplos ilustrativos de relatórios deste tipo são o relatório sobre a introdução de ensino à distância na University of Illinois (Teaching at a internet distance: the pedagogy of online teaching and learning; the report of a 1998-1999 University of Illinois faculty seminar, em www.vpaa.uillinois.edu/tid/report); e as enquetes de mercado realizadas pela PUC-Rio (consultando as escolas secundárias da Zona Sul do Rio de Janeiro).

²¹⁶ F. Ropé e L. Tanguy (org.), *Saberes e competências*. Campinas, SP: Editora Papirus, 1997.

²¹⁷ Exemplo: metodologia da pesquisa do relatório da University of Illinois citada em nota anterior.

²¹⁸ P. Bordieu, *op. cit.*. Enquete preparatória da proposta do curso de biologia, PUC-Rio, 2002.

imagem social da instituição é um dos principais fatores na escolha dos candidatos.

Os estudos de Bordieu, já citados, demonstram claramente estas afirmações quanto às escolas de engenharia francesas – provando, inclusive, a existência de verdadeiras dinastias nas escolas mais reputadas. Neste caso, a reputação das escolas foi construída historicamente, reforçada por pesquisas de opinião²¹⁹, e é afirmada constantemente nos cursos preparatórios e no curso secundário – que mantém uma visão unidirecional da qualidade das escolas, como se houvesse um único eixo de comparação: das "melhores" às "piores". Esta escala é reencontrada nas notas mínimas de admissão em cada escola, mostrando que ela induz uma enorme seleção, colocando os alunos mais aptos à realização de concursos à francesa nas escolas ditas "as melhores". A relação candidatos/vagas nas escolas de ponta, embora enorme para os padrões brasileiros, não acompanha a mesma escala, pois candidatos com notas mais baixas sequer tentam as escolas "mais difíceis"²²⁰. Embora o fenômeno se repita nos EUA, comparações tão detalhadas não são simples, visto que as escolas estadunidenses nunca são gratuitas e a diferença de custos é enorme.

O sistema não é essencialmente diferente no Brasil, embora a regionalização dos concursos (com raras exceções) e o fato das escolas federais e estaduais serem gratuitas confunda os dados. Os cursos vestibulares vivem da histeria de candidatos e suas famílias diante do exame de admissão à universidade. A pedagogia destes cursos é o simples treinamento via resolução de um número monstruoso de exercícios, o que, na visão dominante no país, é a forma de estudo correta, por mais que as estatísticas e os estudos educacionais digam o contrário. Mesmo colégios com formação mais completa (e cujos alunos não precisam de treinamento especial para entrar na universidade, salvo no curso de medicina), como o Colégio Pedro II, vêem seus alunos da terceira série do segundo grau estudarem em dupla jornada, uma no colégio, outra no curso vestibular. Não lhes sobra tempo para estudar seriamente... Os colégios particulares de bom nível sofrem a mesma pressão, e são obrigados a ministrar aulas extras, frequentemente em convênio com cursos vestibulares, por pressão das famílias dos alunos. Ora, esses cursos vestibulares mantêm a mística das "melhores escolas", sem atentar às suas especificidades. Assim o IME (Instituto Militar de Engenharia) e o ITA (Instituto Tecnológico da Aeronáutica) continuam nomeando as turmas especiais (onde se encontram os bolsistas dos cursos), ignorando que o IME é uma excelente escola de oficiais da arma de engenharia, mas não está preocupado (com boas razões) com a formação de engenheiros orientados para funções empresariais. A imagem social tem relação indireta com a realidade das escolas, mas não informa os candidatos sobre o fato essencial, que é o perfil de formação.

Apesar desta desinformação interessada, uma enquete recente²²¹ mostrou que os alunos das principais escolas da Zona Sul do Rio de Janeiro e de Niterói possuem, em sua maioria, uma imagem das escolas e universidades cariocas mais ajustada que a fornecida pelas escolas secundárias e cursos vestibulares: a informação percola pela trama social, através de pais e conhecidos com formação universitária ou trabalhando com engenheiros formados nas melhores instituições. Donde não é estranho que a maioria dos alunos de engenharia da PUC-Rio dirija-se, ao longo do curso, para uma formação mais gerencial (possível

²¹⁹ Les 150 diplômes les plus cotés, *Revue Capital*, Mai 2003, p. 94, ver www.capital.fr, por exemplo.

²²⁰ Assinalando número de candidatos/número de vagas em 2002, temos: Polytechnique: 4064/390, Centrale Paris: 7634/345, Ponts et Chaussées: 11017/100, Mines de Paris: 11017/90, Télécom Paris: 11017/125, Supaéro: 11017/120, Supélec: 6699/340, onde a ordem das escolas é a ordem da notoriedade. Da terceira à sexta escola o concurso é comum. Cabe observar o número pequeno de vagas em cada escola, e o fato de que estas escolas, com a exceção da Centrale Paris, são ligadas aos corpos de estado, com garantia de emprego com altos salários iniciais (na faixa de 40.000 euros por ano).

²²¹ Enquete da PUC-Rio preparatória para a proposta de um curso de Biologia, 2002.

devido à flexibilidade do currículo), de acordo com a visão do estamento social predominante nesta escola e o papel social aí admitido!

Tendo o aluno de engenharia passado o primeiro ano, passa-se a importar, principalmente, com sua "empregabilidade". Este movimento predomina no jovem de hoje, como revelam os comentários recolhidos nos diversos países visitados e nos comentários sobre a mudança do tipo de aluno – mais pragmático e realista, deixa de correr atrás de uma vocação para garantir sua posição (ou ascensão) social.

Ora, a "empregabilidade" do aluno de uma escola de engenharia está relacionada com a rede de relações sociais de seus ex-alunos, a imagem social da escola, e com o relacionamento da escola com o mercado de trabalho. É preciso, então, considerar as consequências do *desiderato* "empregabilidade" no currículo de uma escola de engenharia. Podemos ver duas direções para explorar estas consequências.

Primeiro, é importante que a escola estabeleça um máximo de laços com o mercado de trabalho, de acordo com o perfil de formação escolhido. Aqui aparece a rede de ex-alunos, os projetos e consultorias, eventos, e outras ferramentas já citadas.

Segundo, há de se pensar no aparecimento de novas formações ou na adaptação rápida do currículo do aluno a mudanças no mercado de trabalho. O sucesso de novas habilitações (Computação, Controle e Automação, por exemplo)²²² e a movimentação interna dos alunos do CTC/PUC-Rio (onde a habilitação não é escolhida no exame de admissão) em busca de duplas especializações, duplas habilitações e formações mais adaptadas ao mercado de serviços (dominante na cidade do Rio de Janeiro) indica esta direção. A expressão chave é a "flexibilidade curricular", permitindo uma mudança de rumo ou uma adaptação curricular do aluno à seus interesses ou expectativas – o que corresponde aos modelos da Escola Politécnica da USP e da PUC-Rio, ou das Grandes Écoles francesas, onde podemos observar currículos montados por módulos, currículos matriciais, ou contendo um grande número de disciplinas eletivas conjuntamente com "trancos comuns" ou "ciclos básicos". Um currículo bem flexível permite o aluno passar de uma formação mais técnica para uma gerencial (ou vice-versa), ou de uma visão especialista para uma formação mais generalista, dentro dos limites colocados pelo perfil de formação da escola.

E a noção de vocação profissional? Um tratamento mais maduro e um tanto desencantado deste tema permite mostrar que, ao falarmos de vocação, estamos falando de imagens sociais conjugadas à busca do prazer na profissão (o que exige aptidões apropriadas à profissão desejada). Ora, o candidato ao exame de admissão possui uma informação simplificada da imagem social, pouca ou nenhuma informação sobre os domínios de atividade – isto é, sobre a realidade da vida profissional, tendendo a se fixar na imagem acadêmica das disciplinas que já conhece. O risco é o candidato se enganar de "vocação", descobrindo tardiamente que seu curso não corresponde a seu sonho.

Ao analisarmos as causas da evasão na PUC-Rio²²³ encontramos o desencontro entre a imagem da profissão e a realidade da escola de engenharia. Por isso a criação da disciplina Introdução à Engenharia, para dar aos calouros o

²²² Ver da Silveira, M., da Silva, C. T. C. e Speranza Neto, M., A Engenharia de Controle e Automação na PUC-Rio: Uma Habilitação Multidisciplinar, *Anais do XII Congresso Brasileiro de Automática*, CDROM, Uberlândia, MG, setembro de 1998. Ver <http://www.ctc.puc-rio.br/icee-98>.

²²³ F. Ferraz, K. D. Homma, J. O. Gomes e L. A. Meirelles; O processo de fabricação de engenheiros: o método e suas consequências, *TFC em Engenharia Industrial*, Departamento de Engenharia Industrial/PUC-Rio; reproduzido parcialmente em apêndice a M. A. da Silveira, L. A. Meirelles e M. I. Paes e Silva, Notas sobre o curso de engenharia, in *Nova Visão dos Cursos de Engenharia e suas Implicações na Universidade Moderna: uma Proposta da PUC-Rio*, Relatório Interno do Decanato do CTC, PUC-Rio, 1995

sabor da engenharia o mais cedo possível²²⁴. A grande solução parece ser a generalização dos estágios, em especial estágios de "conhecimento da empresa" e de "projetos" simples, base da pedagogia das principais escolas francesas e alemãs e do atual curso de engenharia de produção da UFRJ (um estágio por semestre), ou períodos de estágios em tempo integral intercalados no curso habitual, como em certas habilitações da Escola Politécnica da USP. Evidentemente, esta solução exige um grande esforço por parte dos professores, e uma orientação diversa da habitual formação orientada para a pesquisa acadêmica.

A notar que as sugestões acima apresentadas levam a estruturas curriculares complexas e estruturalmente diferentes dos currículos montados em torno de conteúdos acadêmicos, usuais no Brasil. A escola de engenharia, do ponto de vista dos alunos, é uma passagem para a vida ativa, que se exerce no contexto que envolve a escola, fora de seus muros. Onde as sugestões de abertura de suas fronteiras e de aumento do relacionamento com o contexto social e econômico e com o mercado de trabalho.

De qualquer forma, a melhor forma de perceber o interesse do aluno parece ser o realizar pesquisas periódicas entre candidatos e alunos e trazer seus representantes aos conselhos e comissões que estudam e tomam decisões sobre o currículo.

²²⁴ M. A. da Silveira, T. Costa, L. C. Scavarda do Carmo e J. A. Parise; A hands-on course for 500 students: "Introduction to Engineering" in PUC-Rio", *Proceedings of the ICEE98*, CD Rom. Rio de Janeiro, RJ: CTC/PUC-Rio, 1998. Ver <http://www.ctc.puc-rio.br/icee-98>.

Apêndice III. Diretrizes curriculares e perfis de formação citados

Neste apêndice serão apresentadas algumas listas de capacidades e competências para engenheiros organizadas por agências de credenciamento ou recolhidas por acadêmicos junto ao mercado de trabalho, seguidas de comentários do autor. Também serão mostrados alguns comentários às características dos engenheiros e dos cursos de engenharia, recolhidas pelo Professor John Prados.

Lista de competências (*skills*) da ABET²²⁵:

- a) habilidade (*ability*) em aplicar conhecimentos de matemática, ciência & engenharia;
- b) habilidade em projetar e conduzir experimentos e analisar dados;
- c) habilidade em projetar componentes de sistemas ou processos;
- d) habilidade para trabalhar em equipes multi-disciplinares;
- e) habilidade para identificar, formular & resolver problemas de engenharia;
- f) compreensão (*understanding*) das responsabilidades profissionais & éticas;
- g) habilidade em comunicar-se eficazmente;
- h) compreensão do impacto das soluções de engenharia no contexto global & social;
- i) capacidade de aprendizado contínuo (*life-long learning*);
- j) conhecimento das tendências e soluções contemporâneas;
- k) habilidade em usar técnicas & *skills* & ferramentas da engenharia necessárias para a prática da engenharia.

Comentários: Esta lista, apresentada em sua ordem original, mistura categorias de habilidades usando diferentes níveis de capacidades cognitivas. Podemos ver que a noção de "problema de engenharia" (que está por trás da noção de competência) circula em vários dos itens, sem ser abordada com clareza. O termo "skill" foi usado recorrentemente entre o título e o texto da lista, e, para evitar maiores confusões, a ABET acabou usando o termo "ability", que traduzimos por "habilidade". "Conhecimento" e "compreensão" ficam indefinidos - não parecem fazer parte das habilidades, sendo apenas informações desintegradas dos problemas de engenharia. Há falta de uma conceituação mais precisa, cotando meios e capacidades para resolver os problemas de engenharia.

Listas de competências industriais e alguns comentários²²⁶

Abaixo são amalhadas e comentadas várias contribuições estadunidenses na área. *Ability* e *skill* foram ambos traduzidos por "habilidade".

- 1) Percepção de empregadores sobre as lacunas dos engenheiros atuais (nos USA), cf. Todd et al.²²⁷, 1993:
 - Arrogância técnica.
 - Desconhecimento dos processos de manufatura.
 - Falta de capacidade de projeto ou de criatividade.
 - Falta de apreciação na consideração de alternativas.

²²⁵ Citadas em L. Morell, J. F. X. Faraco e C. Moura, Define attributes, skill sets, and knowledge of the engineering workforce, *Relatório da Força Tarefa D*, IASEE2003, São José dos Campos, SP, 2003 (ver <http://www.univap.br/iasee>). O texto original da ABET não está mais disponível em seu site.

²²⁶ Citados em L. Morell, J. F. Faraco e C. Moura, Define attributes, skill sets and knowledge of the engineering workforce, *Relatório da Força Tarefa D*, IASEE2003, São José dos Campos, SP, 2003; e em W. Johnson, *Sessão plenária*, IASEE2003, São José dos Campos, SP, 2003, ambos expostos em <http://www.univap.br/iasee>.

²²⁷ R. H. Todd, P. M. Spencer, C. D. Sorensen, Design a senior capstone course to satisfy industrial costumers, *ASEE Journal of Engineering Education*, V. 82, n. 2, 1993 p. 92-100.

- Todos querem ser analistas.
- Visão estreita da engenharia e das disciplinas relacionadas.
- Incompreensão dos processos de qualidade.
- Fraca capacidade de comunicação.
- Pequena capacidade ou experiência de trabalho em equipe.

Comentários: Lembramos que o engenheiro estadunidense tem formação essencialmente técnica. As lacunas referem-se, principalmente, à falta de visão de contexto deste profissional e a suas dificuldades na relação interpessoal – que parecem ser geradas ou aumentadas pela formação que, usualmente, recebe.

- 2) Sugestões de algumas grandes empresas para o perfil de formação de engenheiros. recolhidas por L. Morell²²⁸. No IASSEE2003, a Microsoft apresentou outra lista semelhante, da qual não encontramos a referência.
- EXXON: competência acadêmica, profundidade e larga visão técnica, habilidades analíticas, liderança demonstrada, capacidade de comunicação, habilidades interpessoais, interesse e ajuste ao emprego, experiência profissional relevante.
 - Andersen Consulting: foco no cliente, colaboração, confiabilidade, pensamento crítico, integridade, capacidade de decisão, flexibilidade, responsabilidade, pró-ativo e empreendedor (*self starter and thoroughness*).
 - Raytheon: capacidade de comunicação/apresentação, estudos interdisciplinares (pensamento sistêmico, engenharia / manufaturas), desenvolvimento de equipes, conhecimento global / internacional / multicultural, motivação, planejamento de desenvolvimento da carreira, capacidade de aprendizado contínuo (*life-long learning*).
 - Upjohn (Puerto Rico): globalização, orientação para o usuário, empreendedor / equipes auto-dirigidas, *benchmarking* para melhores práticas, conhecer processos e produtos energeticamente eficazes & amigáveis ao ambiente, liderança, ética, comunicação.
 - Metro Chile: rigoroso e versátil, capacidade de auto-aprendizado, iniciativa & compromisso, conhecimento de ciência & engenharia básica, decidido, multilingue, capaz de conceitualizar, construir modelos e entender complexidade, inovador, apaixonado.
 - Hewlett Packard: paixão pelos usuários, verdade e respeito, gosto pela contribuição e capacidade de finalização, trabalho em equipe, velocidade e agilidade, inovações com sentido, integridade.

Comentário: Nesta amostra, é quase possível reconhecer a empresa por suas opiniões. Buscam mais uma dada personalidade que um profundo conhecimento técnico. As empresas não esperam encontrar engenheiros formados para o seu negócio ou sua especialidade, mas sim profissionais que possam aprendê-los.

- 3) Sumário do Painel de Indústrias²²⁹ (organizado por L. Morell): atributos, habilidades e conhecimentos da força de trabalho em engenharia:
- Conhecimentos em ciência & engenharia/tecnologia básicas, mas sabendo como pensar; usar ferramentas da engenharia.
 - Compreensão de sistemas, experiência de projetos completos e do ciclo de desenvolvimento de produtos.
 - Criativo e inovador, aceita desafios, cheio de recursos, empreendedor.
 - Multicultural.

²²⁸ Conferência plenária apresentada no IASSEE2003. Ver em <http://www.univap.br/iassee2003>.

²²⁹ Painel apresentado no IASSEE2003, ver em <http://www.univap.br/iassee2003>.

- Multidisciplinaridade: conhecimento das tendências e possibilidades sociais, comerciais, econômicas e ambientais.
- Inteligência emocional.
- Trabalho em equipe, colaboração, trabalho em rede, adaptável, aberto.
- Velocidade e agilidade.
- Integridade.
- Apaixonado.
- Avaliável (*accountable*).
- Autocrítico.
- Responsabilidade social.

*Comentários: A lista refere-se a características do engenheiro enquanto pessoa, não de seu trabalho ou das competências que domina, visto que não se refere ao que se espera de sua atuação ou ao contexto em que trabalhará. O curioso é que Morell relata na mesma apresentação os itens comportamentais citados por Kelley²³⁰, sem ter percebido, aparentemente, que ele já havia mostrado que estas características não são correlatadas ao comportamento do engenheiro de sucesso (*star engineer*, na nomenclatura de Kelley).*

- 4) Uma visão do novo paradigma para a educação da engenharia (cf. John Prados): citado por L. Morell²³¹. O novo paradigma caracteriza-se por:
- Ensino ativo, baseado no aprendizado por projetos.
 - Desenvolvimento integrado dos conceitos matemáticos e científicos no contexto da aplicação.
 - Interação forte com a indústria.
 - Uso extenso da tecnologia informática.
 - Professores devotados ao desenvolvimento de profissionais, agindo como mentores e tutores, no lugar de dispensadores de informações conhecedores de tudo.

*Comentários: Nas listas acima podemos ver a influência da área de atuação de cada empresa na especificação das qualidades do "bom engenheiro", e o fato de que, juntando-as sem considerar novos critérios, chegamos a um super-engenheiro, sem prioridades ou especialidades. A solução proposta pelo Prof. John Prados evita a discussão das qualidades do engenheiro e, sem passar por suas competências (e sem referências aos contextos de trabalho), propõe uma mudança completa na forma de estruturar o curso de engenharia, discutindo a metodologia didática na direção do ensino concorrente e do "problem based learning", uma novidade no ambiente norte-americano. Ela repete, *ipsis literis*, parte das propostas de da Silveira e Scavarda do Carmo, 1999²³²; a partir de uma análise cognitiva e epistemológica mais profunda (o Prof. Prados conhece este último artigo).*

Lista de recomendações curriculares da ABENGE, apresentadas por Salum, vice-presidente da ABENGE²³³

- Enfatizar no currículo conteúdos sociais e de humanidades, para atender a demanda por um engenheiro de perfil largo.

²³⁰ R. E. Kelley, *Becoming a star engineer*, *IEEE Spectrum*, vol. 36, n. 10, 1999 (<http://socrates.coloradotech.edu/~it53x/StarEng.html>).

²³¹ Na conferência plenária já citada, IASEE2003, <http://www.univap.br/iasee2003>.

²³² M. A. da Silveira e L. C. Scavarda do Carmo, *Sequential and concurrent teaching: structuring hand's-on methodology*, *IEEE Trans. Education*, Vol. 42, n. 2, pp. 103-108, May 1999.

²³³ M. J. Salum, *Curriculum development in Brazil, Sessão paralela do IASEE2003*, São José dos Campos, 2003, <http://www.univap.br/iasee>.

- Integrar aspectos ambientais com o conteúdo técnico, em paralelo com cursos sobre engenharia ambiental.
- Focalizar a educação em processos de "aprender a aprender", desenvolvendo uma atitude criativa e pró-ativa.
- Inserir o currículo no contexto internacional.
- Estimular a educação interdisciplinar.
- Implementar a participação dos estudantes em programas sociais.
- Integrar os conteúdos curriculos não apenas no fim do curso mas também ao longo de toda sua duração.
- Aumentar a relação entre a graduação e a pós-graduação.

Comentários: A lista da ABENGE, apresentada em 2003, ilustra as preocupações curriculares (pontuais) ora em discussão no Brasil. Uma descrição detalhada, mas sem frisar os pontos acima, muito próxima das atuais Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia (que foram organizadas mais tarde, com a colaboração da própria ABENGE) aparece na proposição de diretrizes curriculares da ABENGE, de 1998.

Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia

Parecer CNE/CNS 1362/2001 e Resolução CNE/CNS 11/2002²³⁴:

O Presidente da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, tendo em vista o disposto no Art. 9º, do § 2º, alínea "c", da Lei 9.131, de 25 de novembro de 1995, e com fundamento no Parecer CES 1.362/2001, de 12 de dezembro de 2001, peça indispensável do conjunto das presentes Diretrizes Curriculares Nacionais, homologado pelo Senhor Ministro da Educação, em 22 de fevereiro de 2002, resolve:

Art. 1º A presente Resolução institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, a serem observadas na organização curricular das Instituições do Sistema de Educação Superior do País.

Art. 2º As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino de Graduação em Engenharia definem os princípios, fundamentos, condições e procedimentos da formação de engenheiros, estabelecidas pela Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, para aplicação em âmbito nacional na organização, desenvolvimento e avaliação dos projetos pedagógicos dos Cursos de Graduação em Engenharia das Instituições do Sistema de Ensino Superior.

Art. 3º O Curso de Graduação em Engenharia tem como perfil do formando egresso/profissional o engenheiro, com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade.

Art. 4º A formação do engenheiro tem por objetivo dotar o profissional dos conhecimentos requeridos para o exercício das seguintes competências e habilidades gerais:

- I - aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;
- II - projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;
- III - conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
- IV - planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;
- V - identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
- VI - desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;
- VI - supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;
- VII - avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;
- VIII - comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;
- IX - atuar em equipes multidisciplinares;
- X - compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;
- XI - avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;
- XII - avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;
- XIII - assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.

Art. 5º Cada curso de Engenharia deve possuir um projeto pedagógico que demonstre claramente como o conjunto das atividades previstas garantirá o perfil desejado de seu egresso e o desenvolvimento das competências e habilidades esperadas. Ênfase deve ser dada à necessidade de se reduzir o tempo em sala de aula, favorecendo o trabalho individual e em grupo dos estudantes.

²³⁴ <http://www.mec.gov.br/Sesu/diretriz.htm>.

§ 1º Deverão existir os trabalhos de síntese e integração dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, sendo que, pelo menos, um deles deverá se constituir em atividade obrigatória como requisito para a graduação.

§ 2º Deverão também ser estimuladas atividades complementares, tais como trabalhos de iniciação científica, projetos multidisciplinares, visitas teóricas, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias, participação em empresas juniores e outras atividades empreendedoras.

Art. 6º Todo o curso de Engenharia, independente de sua modalidade, deve possuir em seu currículo um núcleo de conteúdos básicos, um núcleo de conteúdos profissionalizantes e um núcleo de conteúdos específicos que caracterizem a modalidade.

§ 1º O núcleo de conteúdos básicos, cerca de 30% da carga horária mínima, versará sobre os tópicos que seguem:

- I - Metodologia Científica e Tecnológica;
- II - Comunicação e Expressão;
- III - Informática;
- IV - Expressão Gráfica;
- V - Matemática;
- VI - Física;
- VII - Fenômenos de Transporte;
- VIII - Mecânica dos Sólidos;
- IX - Eletricidade Aplicada;
- X - Química;
- XI - Ciência e Tecnologia dos Materiais;
- XII - Administração;
- XIII - Economia;
- XIV - Ciências do Ambiente;
- XV - Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania.

§ 2º Nos conteúdos de Física, Química e Informática, é obrigatória a existência de atividades de laboratório. Nos demais conteúdos básicos, deverão ser previstas atividades práticas e de laboratórios, com enfoques e intensividade compatíveis com a modalidade pleiteada.

§ 3º O núcleo de conteúdos profissionalizantes, cerca de 15% de carga horária mínima, versará sobre um subconjunto coerente dos tópicos abaixo discriminados, a ser definido pela IES:

- I - Algoritmos e Estruturas de Dados;
- II - Bioquímica;
- III - Ciência dos Materiais;
- IV - Circuitos Elétricos;
- V - Circuitos Lógicos;
- VI - Compiladores;
- VII - Construção Civil;
- VIII - Controle de Sistemas Dinâmicos;
- IX - Conversão de Energia;
- X - Eletromagnetismo;
- XI - Eletrônica Analógica e Digital;
- XII - Engenharia do Produto;
- XIII - Ergonomia e Segurança do Trabalho;
- XIV - Estratégia e Organização;
- XV - Físico-química;
- XVI - Geoprocessamento;

XVII – Geotecnia;
XVIII - Gerência de Produção;
XIX - Gestão Ambiental;
XX - Gestão Econômica;
XXI - Gestão de Tecnologia;
XXII - Hidráulica, Hidrologia Aplicada e Saneamento Básico;
XXIII - Instrumentação;
XXIV - Máquinas de fluxo;
XXV - Matemática discreta;
XXVI - Materiais de Construção Civil;
XXVII - Materiais de Construção Mecânica;
XXVIII - Materiais Elétricos;
XXIX - Mecânica Aplicada;
XXX - Métodos Numéricos;
XXXI - Microbiologia;
XXXII - Mineralogia e Tratamento de Minérios;
XXXIII - Modelagem, Análise e Simulação de Sistemas;
XXXIV - Operações Unitárias;
XXXV - Organização de computadores;
XXXVI - Paradigmas de Programação;
XXXVII - Pesquisa Operacional;
XXXVIII - Processos de Fabricação;
XXXIX - Processos Químicos e Bioquímicos;
XL - Qualidade;
XLI - Química Analítica;
XLII - Química Orgânica;
XLIII - Reatores Químicos e Bioquímicos;
XLIV - Sistemas Estruturais e Teoria das Estruturas;
XLV - Sistemas de Informação;
XLVI - Sistemas Mecânicos;
XLVII - Sistemas operacionais;
XLVIII - Sistemas Térmicos;
XLIX - Tecnologia Mecânica;
L - Telecomunicações;
LI - Termodinâmica Aplicada;
LII - Topografia e Geodésia;
LIII - Transporte e Logística.

§ 4º O núcleo de conteúdos específicos se constitui em extensões e aprofundamentos dos conteúdos do núcleo de conteúdos profissionalizantes, bem como de outros conteúdos destinados a caracterizar modalidades. Estes conteúdos, consubstanciando o restante da carga horária total, serão propostos exclusivamente pela IES. Constituem-se em conhecimentos científicos, tecnológicos e instrumentais necessários para a definição das modalidades de engenharia e devem garantir o desenvolvimento das competências e habilidades estabelecidas nestas diretrizes.

Art. 7º A formação do engenheiro incluirá, como etapa integrante da graduação, estágios curriculares obrigatórios sob supervisão direta da instituição de ensino, através de relatórios técnicos e acompanhamento individualizado durante o período de realização da atividade. A carga horária mínima do estágio curricular deverá atingir 160 (cento e sessenta) horas.

Parágrafo único. É obrigatório o trabalho final de curso como atividade de síntese e integração de conhecimento.

Art. 8º A implantação e desenvolvimento das diretrizes curriculares devem orientar e propiciar concepções curriculares ao Curso de Graduação em Engenharia que deverão ser acompanhadas e permanentemente avaliadas, a fim de permitir os ajustes que se fizerem necessários ao seu aperfeiçoamento.

§ 1º As avaliações dos alunos deverão basear-se nas competências, habilidades e conteúdos curriculares desenvolvidos tendo como referência as Diretrizes Curriculares.

§ 2º O Curso de Graduação em Engenharia deverá utilizar metodologias e critérios para acompanhamento e avaliação do processo ensino-aprendizagem e do próprio curso, em consonância com o sistema de avaliação e a dinâmica curricular definidos pela IES à qual pertence.

Art. 9º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Comentários: Estas diretrizes curriculares acompanham inicialmente a linguagem das competências, embora permanecendo em considerações muito gerais. Diferentemente da regulamentação anterior, mas de acordo com a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (encontrável em <http://www.mec.gov.br>), deixam ampla liberdade às escolas para definirem currículos e "modalidades" da engenharia (que, acreditamos, substituem as antigas habilitações, especialidades e ênfases). Exige-se a montagem de um plano pedagógico, com algumas indicações de sua estrutura (que afetam a escolha de metodologias pedagógicas) no artigo 5º. O plano pedagógico deve conter o perfil de formação e as competências e habilidades a serem desenvolvidas. A concessão ao esquema tradicional – que especificava conteúdos, ou melhor, títulos de conteúdos (as "matérias") – aparece no artigo 6º, onde 30% da carga horária mínima é fixada sobre conteúdos básicos pré-especificados, sem especificar sua profundidade ou suas razões, e 15% da carga horária mínima passa a ser escolhida em uma lista pré-especificada que "define" o conteúdo profissionalizante – as chamadas "ciências da engenharia". As "modalidades" exigem a especificação de competências e habilidades (artigo 6º, §4º). Há diferença entre habilitações, especialidades e modalidades? Talvez tenham usado o último termo porque ele ainda não fora citado na legislação específica para cursos de engenharia – o que sinaliza na direção de uma grande liberdade de escolha por parte das escolas. O autor lembra que a interpretação usual (considerando os pareceres do antigo Conselho Federal de Educação) apenas exige a referência dos títulos dos conteúdos em alguma disciplina ou conjunto de disciplinas, deixando questões de extensão e profundidade à discricção da escola.

Capítulo 4

EDUCAÇÃO PARA A INOVAÇÃO

Passaremos agora à seguinte questão, já apresentada no primeiro capítulo:

- Dado que a capacidade de produzir inovações tecnológicas e transformá-las em produtos tornou-se um dos principais ativos econômicos, como preparar os engenheiros para esta nova missão, levando em consideração – inclusive – o projeto de país e a situação nacional?

O texto a seguir reúne o conteúdo de vários artigos, não sem alguma repetição - o que, esperamos, facilitará sua leitura. Os tópicos a serem abordados são:

- a relação da engenharia com as cadeias produtivas;
- algumas definições básicas (inovação, modos de produção de conhecimento e tipos de tecnologia frente à inovação);
- elementos da formação do engenheiro voltado para a inovação, abrindo a discussão sobre a educação baseada em problemas e o ensino concorrente e mostrando a importância de uma mudança no ambiente universitário;
- um novo paradigma para a universidade associado à formação de empreendedores e ao problema do desenvolvimento de inovações.

IV.1. A engenharia e as cadeias produtivas²³⁵

A Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra do século XVIII, mudou definitivamente os mecanismos de uso do conhecimento técnico e científico. As sociedades passaram, desde então, de agrárias e artesanais a industriais com manufaturas mecanizadas. Essas mudanças tiveram profundas consequências na vida dos homens e a extensão dos câmbios pode ser avaliado pelo nascimento das fábricas, pela transformação da agricultura em atividade industrial e pelo uso econômico do conhecimento ainda que, de início, de forma empírica.

Os avanços industriais, entretanto, não vieram de uma só vez. Ao final do século XIX pudemos observar algumas novas características, muitas vezes associadas pelos historiadores a uma segunda revolução industrial:

- a descentralização da fonte de energia mecânica (devido à maior mobilidade do motor a combustão interna, se comparado ao motor a vapor²³⁶);
- o estabelecimento de processos de produção em massa (Henry Ford sendo o nome importante);
- o oferecimento de produtos com baixos custos e acessíveis aos empregados da indústria;
- a automação e fluxo automático de materiais e informação;
- o desenvolvimento da indústria química;
- o uso das ciências para criar conhecimento;
- a exigência de um maior nível de habilidades e compreensão no processo produtivo, necessitando maior qualidade e universalização da escola elementar.

Neste segundo momento evidenciou-se um movimento de descentralização irreversível. A engenharia precisou apoiar-se na ciência e Taylor, ainda que com

²³⁵ Esta seção reproduz, com pequenas alterações, o artigo: L. C. Scavarda do Carmo, J. A. R. Parise, M. A. da Silveira, A educação em engenharia e as cadeias produtivas, in F. A. R. Sandroni (editor), *Cadernos de Tecnologia*, Volume 1, pp. 127-138. Rio de Janeiro: Instituto Euvaldo Lodi, 2001.

²³⁶ A generalização do uso de motores elétricos e, mais tarde, os avanços da eletrônica, causaram grande impacto nos processos de produção, já tendo sido apontados como outras "ondas" do desenvolvimento industrial.

uma visão mecânica do mundo, deu à administração um caráter científico. Questões sociais associadas à massa assalariada foram levantadas quando Ford percebeu que somente poderia dar vazão ao imenso aumento de produtividade de suas linhas de montagem se estendesse o mercado consumidor aos empregados de suas próprias fábricas.

A terceira revolução industrial, cujo início remonta à década de 70 do último século, trouxe novos paradigmas à sociedade:

- a descentralização da "inteligência" tornada possível pela impressionante evolução dos computadores e da informática;
- a redução do valor intrínseco das matérias primas;
- a intensificação da modularização e padronização, gerando estratégias empresariais citadas como "terceirização" (a substituição de empresas verticais por redes de empresas integradas, cada uma especializada em uma atividade – e participando simultaneamente de outras redes, às vezes concorrentes);
- a automação, permitindo operações mais acuradas e rápidas que as realizadas por seres humanos;
- a liberação do ser humano para o uso de sua criatividade como uma ferramenta e um aspecto importante da vida profissional;
- o maior valor da inovação (novos produtos com valor econômico) não associada somente com grandes indústrias, mas também a pequenos negócios da sociedade de serviços;
- o maior alcance social da educação superior e difusão "capilar" da aplicação dos resultados da pesquisa e do conhecimento na inovação, esta não sendo sempre associada a grandes investimentos de capital.

A descentralização das decisões exigiu que atividades administrativas contassem com a participação do ambiente técnico. O dramático desenvolvimento das telecomunicações e da informática, entretanto, teve profundas consequências, tanto na dimensão planetária do processo produtivo, quanto na polarização ao redor do indivíduo. Este fenômeno causou o "paradoxo global"²³⁷: à medida que as atividades humanas alcançam dimensões planetárias, o menor elemento da sociedade - o indivíduo - tornou-se o centro do processo produtivo. Podemos observar que o indivíduo consumidor é a mola mestra do mercado e o empreendedor o grande elemento que transforma oportunidades em realidades econômicas.

Os efeitos de globalização não são, entretanto, recentes²³⁸, mas a palavra associou-se a fatos que decorreram dos recentes avanços das telecomunicações e da informática:

- em um primeiro momento as finanças se globalizaram,
- em um segundo momento o comércio tornou-se uma atividade planetária,
- em um terceiro momento os processos produtivos saltaram por sobre as fronteiras.

A queda do muro de Berlin e o fim da bi-polarização do poder militar mundial transformou a estratégia de defesa em estratégia de mercado - e aí temos uma estrutura multi-polar à medida que a hegemonia ideológica norte-americana vai se desfazendo²³⁹. O sistema produtivo passou a depender também das pequenas empresas e dos empreendedores. As sucessivas ondas de globalização envolveram cada vez mais a produção e a disseminação do conhecimento.

²³⁷ John Naisbitt, *Global paradox*, London, GB: William Morrow Co., 1994.

²³⁸ A mundialização do comércio é tão antiga quanto as trocas comerciais, e sua intensificação começa no mercantilismo dos séculos XV a XVII, passando depois ao imperialismo, até entrar no capitalismo "imperialista" do século XX, do qual a "globalização" é o último avatar, impulsionada pelas novas tecnologias de comunicação e de informação. Tanto que o "neo-liberalismo" não passa de um novo nome para o conservadorismo econômico – ver E. Hobsbawn, *A era dos extremos*, São Paulo, SP: Companhia das Letras, 1995.

²³⁹ Hobsbawn, *op. cit.*

Esses fatos exigem a revisão do pensamento estratégico em dois aspectos. Por um lado coloca a educação, em particular aquela que envolve funções tradicionalmente conhecidas como técnicas, como um dos focos de atenção. Por outro lado, a relevância da conquista de mercados coloca a sociedade civil como sujeito do pensamento estratégico. A formação do engenheiro adaptado a um novo ambiente (mais internacional e onde os impactos sociais, econômicos e ambientais de sua atuação são cada vez mais sentidos como relevantes) é hoje um fator estratégico de desenvolvimento e a revisão de seus métodos e de sua importância precisa passar pelos fóruns dos setores que representam a nossa sociedade.

A universidade também vive um paradoxo que decorre do paradoxo global. Por um lado, precisa preservar a inevitável elitização característica da geração da ciência básica, a ciência universal, e da participação na geração de tecnologia de ponta. Por outro lado, a busca de mais conhecimento disseminado em novos estratos da sociedade – a universalização do ensino superior – abre a universidade para o ensino de massa.

A engenharia hoje

As mudanças sociais e de mercado exigem a revisão da função do engenheiro e, portanto, de sua formação. Essas mudanças, entretanto, não podem ser feitas apenas no interior do ambiente acadêmico, mas sim em um processo que envolve o setor produtivo e outros representantes da sociedade civil e do governo.

A sociedade norte-americana reviu o ensino de engenharia nos Estados Unidos sempre que grandes modificações ocorriam na sociedade. Revisões foram feitas no início do século XX, após a crise da bolsa de 1929, antes da segunda grande guerra, após a vitória nesta guerra, ao início da guerra fria e ao seu término. Em todos os casos, a revisão foi feita conjugando os ambientes acadêmico e empresarial. Este é um exemplo de que aquela sociedade, muito pragmática, compreendeu que a evolução nos processos produtivos vira as páginas da história, e que os processos produtivos definem a função de engenheiro – e não o contrário. A liderança dos Estados Unidos no cenário mundial ao longo deste século deveu-se às suas conquistas científicas e tecnológicas e habilidade de aplicá-las nos processos produtivos. Esta liderança somente foi ameaçada pelo Japão quando este conseguiu ser mais rápido na aplicação de resultados científicos e tecnológicos, muitos, inclusive, obtidos fora de seu país; e agora está sendo ameaçada pela União Européia, na medida em que esta adapta-se aos novos processos produtivos em sinergia com seu notável capital cultural.

O ensino de engenharia já é hoje, *per se*, tema acadêmico. Ao longo dos últimos sete anos educadores de todo o mundo tem-se reunido anualmente em conferências para discutir questões técnicas e sociais do ensino de engenharia, e políticos para discutir acordos sobre a formação profissional²⁴⁰. Em uma recente reunião (Praga, 1999), o Professor Georges Lespinard²⁴¹, então representante da *Commission de Titres* para a engenharia na França, definiu o novo engenheiro com sendo um profissional que precisa qualificar-se em quatro atributos, como representado na Figura IV.1. Nessa concepção, a formação do engenheiro transcende a esfera puramente técnico-científica, mas abrange as esferas gerencial e humano-social: o novo engenheiro, e, conseqüentemente, a nova escola de engenharia, devem estar abertos para a sociedade, para seus desejos e necessidades, para seus aspectos políticos e culturais, todos agora afetando e aparecendo nos novos processos produtivos.

²⁴⁰ Tema tratado no primeiro capítulo.

²⁴¹ G. Lespinard, Sessão plenária do ICEE99, Praga, 1999, cujo conteúdo está apresentado no Apêndice III.1 O Prof. Lespinard não publicou o texto de sua conferência.

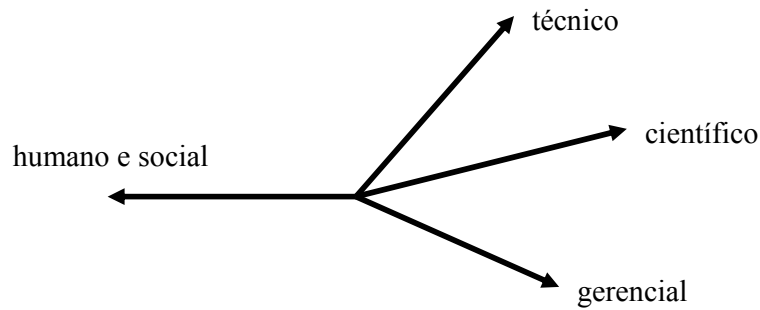


Figura IV.1: Os quatro eixos da formação do engenheiro.

É importante, entretanto, perceber que a escola de engenharia liderará a universidade na resolução do seu dilema entre a universalização do ensino superior e a necessidade de ser a grande provedora da ciência básica e de parte do desenvolvimento tecnológico. A escola de engenharia é vista hoje como um ambiente não só de discussão de questões técnicas, mas também de temas sociais afetando e gerando os novos processos produtivos. Assim, atua em um difícil processo de formação de quadros para as grandes empresas e também para aquelas de menor porte. As micro e pequenas empresas são, hoje, responsáveis pela grande massa dos empregos oferecidos. A universidade iniciou, também através das escolas de engenharia, a incubação de pequenas empresas de bases tecnológicas e de conhecimento. A globalização do processo produtivo exerce imensa pressão para a formação de profissionais que estejam à vontade diante de problemas técnicos, mas que também estejam à vontade diante de culturas distintas. A aplicação de uma nova tecnologia ou o desenvolvimento de um novo negócio é, muitas vezes, limitado pelas barreiras culturais e não pelas técnicas – o que leva a temas como a formação internacional ou multi-cultural.

Estes fatos estão mudando o endereço da pesquisa, agora voltada também para apoiar a inovação; e estão também mudando o endereço da educação, agora voltada a produzir mentes criativas, de cultura eclética, com percepção de mercado, visão de mundo e prontas a aceitar o risco de tentar suas próprias idéias. Enfim, estas mudanças de endereço com extensão dos conceitos de educação e pesquisa implicam a revisão do conceito de universidade²⁴².

A nova escola de engenharia enfrenta, ao mesmo tempo, a internacionalização de seu ambiente de formação de mentes e a pulverização da aplicação da tecnologia em micro empresas. Estes dois aspectos, resposta ao paradoxo global, formam o grande desafio atual das escolas de engenharia.

O setor empresarial brasileiro precisa perceber que a formação de recursos humanos, em particular em áreas técnicas como engenharia, é um mecanismo essencial para reforçar as cadeias produtivas. O setor universitário brasileiro precisa perceber que é hoje parte do universo de formação de micro e pequenas empresas. Dessa forma, a universidade aparece como um elemento ativo e essencial da cadeia produtiva, impondo ao setor empresarial tanto uma atitude pró-ativa no que lhe concerne, quanto uma visão abrangente e dinâmica desta cadeia, para além da usual descrição estática que somente percebe os fornecedores, montadores e clientes e ignora a formação e educação continuada de recursos humanos e a pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias. Essa visão abrangente e dinâmica, aqui defendida, é compatível com o conceito de

²⁴² Michael Gibbons, Higher education relevance on the 21st century, *World Bank Report*, The World Bank (s.d.) e José A. Aranha, José A. Pimenta-Bueno, Luiz C. Scavarda do Carmo, Marcos A. da Silveira, Entrepreneurship Formation: The PUC-Rio Experience, *Proceedings of the ICEE98*, CDRom. Rio de Janeiro, RJ: PUC-Rio, 1998.

clusters,²⁴³ responsáveis pelo desenvolvimento temático regional, onde o setor industrial e os setores responsáveis pela formação cultural e intelectual (universidades, institutos de pesquisa e escolas) complementam-se produtivamente. "Clusters" ou "conglomerados" são agrupamentos institucionais regionais em torno do desenvolvimento de determinadas tecnologias, levando a produtos com alto valor agregado nos quais o país seja (ou queira ser) competitivo em nível internacional. Condições necessárias são a grande capacidade de inovação e a visão alerta ao mercado – o que implica uma visão de futuro clara e bem delineada. Nos aglomerados, competitividade e colaboração andam juntos, empresas e universidades participantes não competindo entre si no mesmo nicho de mercado, embora possam fazê-lo alhures. Os aglomerados envolvem universidades, institutos de pesquisa, governos e grandes e pequenas empresas, em estruturas fortemente imbricadas. A "fábrica de conhecimento" une todas estas instituições e permitem que o estado, a sociedade, as empresas e as universidades utilizem ao máximo seus talentos e oportunidades locais²⁴⁴.

Os países em desenvolvimento

Os países emergentes vivem um problema extremamente complexo. Não conseguiram ainda resolver totalmente a universalização do ensino fundamental, condição necessária para candidatar-se à segunda revolução industrial, e precisam desenvolver as aptidões exigidas pela terceira revolução industrial, onde se insere a questão de uma engenharia internacional e voltada para inovações e para o espírito empreendedor. Dessa forma, as universidades precisam conviver com estudantes que não completaram satisfatoriamente sua educação formal no ensino fundamental e médio, mas precisam, assim mesmo, amadurecer como profissionais criativos. Mais ainda, precisam desenvolver novas metodologias de ensino e formação, o que as levará a alterar e adaptar sua estrutura às inovações na cadeia produtiva²⁴⁵. Além disso, não é possível desenhar, nos países em desenvolvimento, uma reforma da educação em engenharia que não visite o ensino pré-universitário. As mudanças de paradigma acima descritas, entretanto, não permearam toda a sociedade. Os setores empresarial e acadêmico, em particular, observam alguns aspectos da globalização com desconfiança, confundindo-os com meras estratégias de domínio político-econômico sem atentar para a mudança estrutural conduzindo a um brutal aumento da produtividade global e, logo, de competitividade. Isto, muitas vezes, inibe o processo decisório necessário ao estabelecimento de uma estratégia de desenvolvimento dentro de um novo quadro.

IV.2. Algumas definições referentes à educação e à política de inovações²⁴⁶

Nesta seção serão apresentadas algumas definições referentes às cadeias produtivas e ao ciclo gerador de inovações, e discutidos rapidamente seu financiamento e as consequências para a educação em engenharia e a estrutura universitária.

Cadeias produtivas e inovações

²⁴³ M. Porter, Clusters and the new economics of competition, Harvard Business Review, November - December 1998.

²⁴⁴ L. C. Scavarda do Carmo, A reformulação da universidade em face do desafio científico e tecnológico, conferência dada no *Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia*, Escola Superior de Guerra, Rio de Janeiro, 19 de outubro de 2000.

²⁴⁵ Aranha *et al.*, *op. cit.*

²⁴⁶ Esta seção reproduz, com algumas alterações, a contribuição da PUC-Rio apresentada na reunião preparatória para o *Livro Branco de Ciência e Tecnologia*, organizada pelo MCT no Rio de Janeiro. Os autores da contribuição são J. A. R. Parise, L. C. Scavarda do Carmo e M. A. da Silveira.

O processo de inovação compreende a prática da pesquisa, onde novos fenômenos são descobertos e novas aplicações de fenômenos conhecidos são realizadas. Chamaremos de:

- "invenção" científica (ou descoberta científica): a caracterização de novos conhecimentos científicos;
- "inovação" tecnológica: um produto inédito possuindo valor de uso, em particular um produto inédito para o mercado com valor comercial, mediatizado apenas pelo desenvolvimento e implantação dos processos de produção e distribuição.

A pesquisa científica, normalmente orientada a partir das necessidades internas à própria ciência, gera invenções. A pesquisa e o desenvolvimento tecnológicos, normalmente orientados pelas demandas do bem estar social e do parque industrial, freqüentemente ocorrendo fora dos muros universitários, geram inovações. Encontramos aqui os dois modos de produção de conhecimento descritos por Gibbons²⁴⁷, que tendem a se misturar cada vez mais com o aumento da permeabilidade dos muros universitários frente às necessidades de financiamento e à pressão social pelo aumento do bem estar. Os aglomerados de alta competitividade são locais onde a porosidade dos muros universitários transformou-se em conectividade, com transferência de tecnologias (nos dois sentidos) facilitada, avidez de novos produtos (oferta e demanda de inovações) e alta mobilidade de pessoal altamente qualificado²⁴⁸.

Mais explicitamente, Gibbons assinala dois modos de produção de conhecimento:

- "Modo I de produção de conhecimento", onde este é produzido dentro dos muros universitários, a partir das necessidades internas da ciência ou da percepção acadêmica dos problemas econômicos e sociais;
- "Modo II de produção de conhecimento", onde este é produzido fora dos muros universitários, no contexto de sua aplicação, e em razão das necessidades das empresas (ligadas ao bem-estar através das possibilidades do mercado).

Na visão clássica de Humboldt²⁴⁹ (ao organizar a Universidade de Berlin), cabia à academia apenas a produção de conhecimento dentro de seus muros, a partir de suas próprias preocupações (desligadas do dia-a-dia); eventualmente repassando aplicações destes conhecimentos à sociedade (vista do alto da torre de marfim universitária), em uma direção unívoca e clara: da universidade para a sociedade, incluídas aí as empresas. Apenas estas últimas estariam preocupadas com os "problemas transitórios" ligados ao mercado e ao financiamento²⁵⁰. A notar que, para Humboldt, a universidade é um centro de pesquisa, dentro do qual se realiza (quase incidentalmente, visando sua perpetuação) a formação de cientistas e "engenheiros de alto nível". Esta situação conduziu a Alemanha a separar a formação de "engenheiros técnicos" em outras escolas, as *Fahohschüles*²⁵¹.

Hoje em dia, indubitavelmente, boa parte do conhecimento – principalmente o que se reverte em bem-estar social – é produzido fora dos muros universitários, junto às empresas e por necessidade de seu desenvolvimento. Não que tal não ocorresse anteriormente, mas este conhecimento não era reconhecido como tal. A elaboração de novas técnicas ou novos processos e serviços, se não viessem atrelados à invenção científica, eram

²⁴⁷ M. Gibbons, *op. cit.*

²⁴⁸ M. Porter, Clusters and the new economics of competition, *Harvard Business Review*, November - December 1998.

²⁴⁹ K. W. von Humboldt, Sobre a organização interna e externa das instituições, in *Um mundo sem universidades?*, Coleção Universidades, Vol. 2, Rio de Janeiro, RJ: EdUERJ, 1997.

²⁵⁰ Opinião contrária à de Goethe, que, nos seus textos e nas duas partes do Fausto, redigidos na fronteira dos séculos XVIII e XIX, fez a apologia do empreendedor moderno, voltado para o desenvolvimento técnico e social, com visão política e comercial (busca o domínio sobre a natureza e o poder social), às voltas com terríveis dilemas éticos, sociais e ecológicos, conforme analisa Marshall Bermann em *Tudo que é sólido desmancha no ar*, São Paulo: SP, Companhia das Letras, 1986.

²⁵¹ Ver o primeiro capítulo.

(e ainda são, no cerne das universidades de pesquisa) considerados como mera *empíria*²⁵² e não como conhecimento²⁵³ - donde destituída de mérito acadêmico. O desenvolvimento de inovações dentro dos muros acadêmicos foi admitido, inicialmente, pela necessidade de financiamento de pesquisas e de condições de trabalho, dada a escassez de recursos consequente à recente expansão universitária (e assim apareceram, considerados inicialmente como atividades marginais, no duplo sentido da palavra, as primeiras pesquisas universitárias relacionadas e financiadas por empresas, e colocadas no modo I de produção de conhecimento) – só sendo aceitos como atividades acadêmicas em si (mas ainda sem grande prestígio) muito recentemente.

Há diferentes processos de produção de inovações, de acordo com o tipo de tecnologia envolvido e com a estrutura das cadeias de produção interessadas. Assim, podemos classificar as tecnologias como²⁵⁴:

- "tecnologias embrionárias", associadas a invenções e à pesquisa fundamental, de alto risco e enorme impacto, exigindo grandes investimentos e grande tempo de maturação; exemplos: nanotecnologia, partes da biotecnologia (v.g. *proteínas*);
- "tecnologias em crescimento", associadas a demandas ainda não satisfeitas, exigindo o aperfeiçoamento de produtos e processos, exigindo investimentos ainda de grande porte, apoio científico, tempo de maturação médio e menor risco de investimento, mas ainda de grande impacto; exemplo é a biotecnologia, na sua forma mais comum;
- "tecnologias maduras", associadas ao aumento de eficiência para manter a competitividade, levando a uma pesquisa incremental, de baixo risco, exigindo menores investimentos; exemplo é tecnologia informática, voltada para a satisfação imediata de demandas dos consumidores e exigindo um menor conhecimento científico²⁵⁵.

O desenvolvimento de inovações no setor produtivo é, atualmente, muito complexo, aparecendo na forma de malhas de produção encadeadas. O mecanismo capilar de comunicação entre a ciência ou o conhecimento novo (ou invenções), e o apoio das forças de mercado ao desenvolvimento e aproveitamento das inovações, exigem uma comunicação entre os geradores de conhecimento e formadores de inovadores e as forças de mercado, representado no diagrama abaixo.

²⁵² "Empíria" em grego, atividade não de todo racional, e da qual, no entender dos gregos, jamais pode falar-se como de uma verdadeira ciência: J. P. Vernant, *Mito e pensamento entre os gregos*, São Paulo, SP: Paz e Terra, 1990, páginas 371-372.

²⁵³ Esta visão remonta ao mundo grego (Vernant, *op. cit.*, capítulo 4: O trabalho e o pensamento técnico, onde encontramos uma bela análise da *techné* – invenção engenhosa que permite sair-se de uma situação embaraçosa – e do combate entre a *techné* e a *phýsis*). É formalizada em Platão (*República*, 428 a e ss.). Ela permanece até hoje, embutida nos valores acadêmicos, como mostra a opinião de um eminente doutor em engenharia, ouvida pelo autor, demonstrando a conveniência de realizar promoções acadêmicas considerando apenas a quantidade de artigos publicados: "passando à essência do conteúdo da pesquisa, os engenheiros nada tem a mostrar em relação aos físicos e matemáticos". Vemos aqui a desconsideração das inovações e da resolução dos problemas sociais correntes, por mais engenhosas ou oportunas que sejam, frente às invenções das ciências básicas.

²⁵⁴ L. P. Bardy, Financiamento de projetos de P&D, in F. A. R. Sandroni (editor), *Cadernos de Tecnologia* Vol. 1. Rio de Janeiro, Instituto Euvaldo Lodi (FIRJAN), 2001.

²⁵⁵ Se bem que, atualmente, desenvolvimentos profundos em matemática, como as *ondelettes* e as *bandelettes*, ou algoritmos de programação inteira, quando aplicados à compressão de dados (MP3, JPEG2000, etc) ou à análise de informações (bio-informática, e. g.), sejam tomados por desenvolvimentos informáticos.

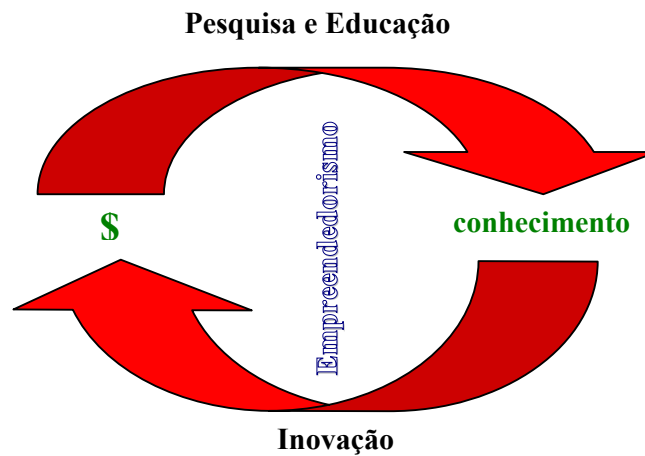


Figura IV.2: Ciclo de inovação.

Eventualmente, para a formação do ciclo representado na figura IV.2, faz-se necessário um mecanismo externo, que aparece sob o título de “empreendedorismo”. Este mecanismo externo alimenta a atual explosão da sociedade de serviços, com miríades de pequenas empresas cujos nichos de oportunidades são baseados em novos conhecimentos, e movimentam pequenos ciclos no formato acima.

Estas pequenas empresas encontram um lugar natural e seguro para sua formação nas incubadoras de empresas interligadas às universidades. As incubadoras, mais que um poro nos muros universitários, representam uma estrutura de comunicação bi-direcional ligando profundamente a produção de conhecimento dentro da universidade com as demandas do mercado e as possibilidades de financiamento. Outras estruturas de comunicação bi-direcionais são os laboratórios universitários financiados por grandes empresas e orientados para a pesquisa aplicada (um exemplo é o TecGraf, na PUC-Rio, e o GSCAR/COPPE/UFRJ, apoiados pelo CENPES/Petrobras) e as empresas (ou organismos oficiais, como os CRITT, na França, e o INT²⁵⁶, no Brasil) dedicadas ao relacionamento das indústrias e de suas necessidades às possibilidades universitárias.

As tecnologias em crescimento e as tecnologias embrionárias necessitam de ciclos maiores ou mesmo de cadeias de ciclos. A produção de novas vacinas, por exemplo, exige investimentos da ordem de US\$300.000,00 para a obtenção da vacina inicial. Este investimento, de alto risco, costuma ocorrer dentro de centros de pesquisa financiados por governos, e é apoiado por outros ciclos menores responsáveis pelos serviços e equipamentos necessários. A passagem para o projeto e implementação do processo de produção de vacina leva a investimentos da ordem de dezenas de milhões de dólares, já agora apoiados por grandes empresas. São ciclos sucessivos, cada um exigindo um tipo de apoio diferente, devido aos diferentes riscos e às diferentes estruturas postas em movimento (universidades e centros de pesquisa, indústrias de equipamentos, indústrias de medicamentos). Não há aqui a exigência de comprometimento de indústrias desde o início, diferentemente do que se espera do desenvolvimento de inovações usando tecnologias maduras (v.g. informática), embora a busca do bem estar social apareça, com clareza, desde o início.

Modos de financiamento

O fomento ao desenvolvimento tecnológico pode ocorrer de diversas formas (incentivos fiscais, *seed money*, *venture capital*, participação nos resultados ou empréstimos), junto à oferta de conhecimento, como costuma fazer o CNPq, ou

²⁵⁶ CRITT: Centre Regional d'Innovation et de Transfer de Technologie (www.critt.net), INT: Instituto Nacional de Tecnologia, no Rio de Janeiro, RJ.

junto à demanda, como também faz a FINEP. Estas formas devem levar em consideração os diferentes tipos de tecnologia e de ciclos de inovação, como discutido acima.

O financiamento junto à oferta, centrado nas universidades e institutos de pesquisa, pode exigir ou não acordo prévio da indústria – ver PADCT e PRODENGE/RECOPE, buscando formar redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento, e o CTPetro. O financiamento junto à demanda, centrado na indústria, passa a ter de buscar as universidades para montar as suas malhas de inovação. O Instituto Nacional de Tecnologia (INT), no Rio de Janeiro, mostra, atualmente, um interessante processo de análise das demandas industriais para orientar suas pesquisas e chegar a inovações – apesar de, para isso, enfrentar a crítica repetida do Tribunal de Contas da União (que o acusa de desviar recursos de contratos para realizar pesquisas em novos contratos).

O Brasil, comparado com os demais países industrializados, tem uma experiência pífia no apoio à inovação via incentivos fiscais. O incentivo associado à lei 8661 passou de 8% a 4% (de desconto no imposto de renda para financiar pesquisas) durante as crises internacionais do segundo governo FHC, ao contrário do que ocorreu com outros países emergentes. Estas porcentagens ultrapassam os 50% nos países desenvolvidos²⁵⁷.

O financiamento pode ocorrer via incentivos fiscais à pesquisa ou diretamente (*seed money*, etc), cabendo ressaltar que o financiamento à pesquisa nos USA ocorre quase todo à custa do contribuinte²⁵⁸, metade por financiamento direto junto à oferta e junto à demanda, metade por incentivos fiscais. Claro, de alguma forma, os USA e a União Européia resolveram o problema de caracterizar o investimento industrial em pesquisa ou inovação. Ver os programas ESPRIT, Alvey, VLSI, EUREKA, MEDEA+, LINK, ATP, SPUR, SMART, SBIR, CRADA, STTR e ATP²⁵⁹.

O incentivo direto no Brasil só tem ocorrido junto à demanda via empréstimos (Programa ADTEN/FINEP), situação que reduz ou quase elimina as operações de risco (tecnologias embrionárias ou em crescimento). Falta ao país assumir a importância estratégica dos incentivos fiscais para a inovação e a pesquisa.

Donde as proposições seguintes:

- **Fomento a inovações:** estudar as demandas da indústria brasileira, inclusive do setor de serviços; passar o foco do apoio à oferta pelas universidades e centros de pesquisa para o foco à oferta e à demanda por inovações, principalmente se estiverem interligadas (ver o exemplar caso do INT)²⁶⁰; mantendo, entretanto, o fomento a novas áreas (dando espaço ao que não foi previsto), representado pelo apoio à oferta da universidade (balcão).
- **Flexibilidade:** o fomento à inovação deve ser suficientemente flexível para cobrir os diferentes tipos de cadeias produtivas, com seus tempos e necessidades diferentes.

IV.3. Educação para a inovação

Os esforços recentes de aproximação dos cursos de engenharia brasileiros com seus correspondentes na Alemanha e na França sublinharam os processos

²⁵⁷ R. Fernandes, Proposta de Incentivos Não Fiscais para a Inovação Tecnológica na Indústria, in Sandroni, F. A. R., editor, *Cadernos de Tecnologia* Vol. 1. Rio de Janeiro, Instituto Euvaldo Lodi (FIRJAN), 2001.

²⁵⁸ Latour, B, *Ciência em Ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*, Editora Unesp, tradução de Ivone C. Benedetti, ISBN 85-7139-265-X, 1998.

²⁵⁹ Fernandes, *op. cit.*

²⁶⁰ Este é o objeto da chamada Lei da Inovação, proposta pelo MCT, apresentada em www.mct.gov.br, mas em discussão atravancada dominada por considerações ideológicas. Ver também o Livro Branco da Ciência e Tecnologia, editado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, 2003, que estende a discussão aqui apenas iniciada.

bastante elaborados de colaboração indústria-universidade desses países, atentando para o desenvolvimento de inovações, a troca de informações e a formação de pessoal, incluindo a fixação nas indústrias dos doutores formados ao longo do processo, detentores do conhecimento não formalizado²⁶¹.

No processo educacional, o Brasil convive com cursos de pós-graduação bem desenvolvidos, avaliados e subsidiados; com cursos de graduação que só agora se avaliam (e de forma incompleta), e com uma escola pré-universitária de modesta qualidade. A era do conhecimento, onde a inovação precisa ser popularizada para ser a mola mestra do desenvolvimento industrial, coincide com a era da globalização, onde a competição se faz em escala planetária. A educação de qualidade é a única resposta ao dilema de desenvolver, simultaneamente, a indústria de ponta, a cidadania e o mercado interno, o que atinge todos os níveis de ensino. Mas qual "qualidade"?

A formação tradicional do engenheiro não o prepara para os novos papéis que lhe são destinados neste novo século (um retrospecto histórico das diferentes formações de engenharia no país e no mundo desenvolvido foi apresentado no primeiro capítulo). Do que foi dito acima podemos depreender que a formação de um engenheiro voltado para a inovação leva a novas exigências (que se sobrepõem às exigências tradicionais), que podem ser sumarizadas em:

- desenvolver a capacidade de resolver problemas definidos a partir das necessidades do contexto empresarial e industrial;
- desenvolver a capacidade de resolvê-los junto a seus contextos de definição (segundo modo de produção de conhecimento);
- desenvolver a competência de encontrar o nicho do mercado das soluções apresentadas, prevendo os impactos sociais, econômicos e ecológicos de suas intervenções – em especial no caso do desenvolvimento de tecnologias em crescimento ou maduras.

Estes novos papéis exigem:

- formação científica ampla e integrada, permitindo o trabalho em equipe multidisciplinar – em especial no caso do desenvolvimento de tecnologias embrionárias;
- formação mais especializada em alguma das áreas promissoras (nanotecnologias, biotecnologias, redes e informática, etc.) - o que depende das possibilidades e da história da escola de engenharia sob análise;
- visão de mercado e espírito empreendedor – relacionados às malhas de inovação e ao segundo modo de produção do conhecimento;

No último item aparecem os problemas da defesa da propriedade industrial ou intelectual e do desenvolvimento comercial do produto inovador / gerenciamento do empreendimento inovador.

A percepção destes novos papéis e da necessidade de mudanças na formação dos engenheiros provocou o aparecimento de novas definições de engenharia²⁶² e de programas visando estudar como formar o novo engenheiro, citados nos capítulos anteriores.

Partindo da hipótese de que a melhor maneira de gerar uma competência é expor o aluno às atividades contextualizadas que a exigem (de forma gradativa e organizada, evidentemente)²⁶³, percebe-se a relevância das metodologias didáticas que imergem os alunos em um ambiente gerador de inovações e

²⁶¹ Grande parte do conhecimento gerado ao longo do desenvolvimento de uma dissertação ou tese não é, ou mesmo não pode ser, transcrito no texto ou nos artigos decorrentes. É o que chamamos de "conhecimento não formalizado", detido pelos participantes da pesquisa (orientadores, consultores e, principalmente, o estudante). Por isso, seguindo um esquema comum na Alemanha, é importante que a empresa financiadora acompanhe o desenrolar do trabalho de pesquisa através da participação ativa de um de seus engenheiros (um co-pesquisador, digamos) e absorva o mestrando ou doutorando em seus quadros, após o término do trabalho.

²⁶² M. N. Borges e B. G. Aguiar Neto, Diretrizes Curriculares para os Cursos de Engenharia – Análise Comparativa das Propostas da ABENGE e do MEC, *Revista Brasileira de Ensino de Engenharia*, vol. 15, número 2, pp. 1-8, 2000.

²⁶³ Hipótese a ser discutida no próximo capítulo.

promovem o seu contato direto com o mundo das empresas e a indústria. Como exemplos podemos citar:

- educação baseada em problemas (*problem based education*), ou sua forma elaborada, o ensino concorrente²⁶⁴;
- currículos prevendo contato direto do aluno com empresas, quer através de estágios, quer através de projetos envolvendo o interesse e a participação de empresas;
- imersão dos alunos em um ambiente universitário aberto aos dois modos de produção de conhecimento, o que exige um novo paradigma universitário, assunto da próxima seção;
- desenvolvimento da autonomia dos alunos, tornando-os sujeitos de sua própria formação, o que exige novas formas de gerenciamento dos currículos e dos diplomas, onde a flexibilidade curricular e o aumento do número de opções oferecidas são essenciais.

A universidade atual não deve se restringir às limitações impostas por sua repartição em faculdades ou departamentos relacionados às disciplinas acadêmicas. As demandas sociais e dos mercados, em especial a necessidade de desenvolver recursos humanos com uma nova visão, não podem ser alcançadas sem a presença de um forte ambiente multidisciplinar, orientado de acordo com problemas concretos colocados pelo mercado, pela indústria ou pela sociedade. Na figura IV.3, a seguir, ilustramos este conceito, sugerindo que, transversalmente à divisão disciplinar, sejam escolhidos problemas concretos, multidisciplinares, definidos a partir dos interesses do mercado, da indústria e da sociedade. Estes problemas devem cobrir interesses atuais e futuros: cabe à universidade ser prospectiva, porém sempre mantendo contato com a realidade atual.

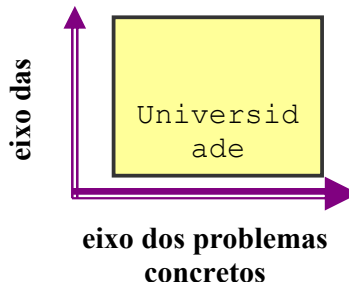


Figura IV.3: Reorganização da universidade

Mudanças metodológicas e/ou estruturais nos cursos de engenharia tem encontrado diversos tipos de empecilhos. No Brasil, cabe citar a herança cultural desnecessariamente restritiva (apesar das mudanças na legislação, aumentando a autonomia das escolas), a busca insensata de uma formação pretensamente melhor – donde única – a ser aplicada a todas as escolas e simultaneamente em todo o território nacional, o abandono de incentivos às mudanças após o final do apoio à educação em engenharia representado pelo programa REENGE, e a inexistência de acompanhamento e avaliação destas mudanças. A notar que, na

²⁶⁴ São exemplos de "metodologias ativas", usando a linguagem de Dewey, especialmente desenvolvidas para a educação de engenheiros, e assunto privilegiado nos congressos e seminários citados acima. Reapareceram no cenário da educação em engenharia sob a denominação de "hands-on methodology", um título já existente e frequentemente confundido com a formação de técnicos a partir da prática.

esteira deste programa, alguns cursos alteraram radicalmente suas propostas e muitas incubadoras de empresas foram criadas – algumas atuando no interior dos cursos como formadoras de empreendedores. Mas as redes de ensino propostas não chegaram a se estabelecer. Foi reconhecida a importância do relacionamento com as empresas e a formação de redes de pesquisa, mas não houve um desenvolvimento sistemático neste sentido.

Estas mudanças, em vista da formação de engenheiros empreendedores, devem atender às diferenças regionais e às diferentes formações exigidas pelas diferentes áreas de atuação e pelos diferentes tipos de tecnologia abordados. Assim, de um profissional destinado à área de informática espera-se uma visão de mercado mais desenvolvida que a de um profissional dedicado às nanotecnologias²⁶⁵.

Donde as proposições abaixo:

- Fomentar a educação para a inovação: apoiar o estudo e desenvolvimento da educação em engenharia (visando formar engenheiros inovadores), em especial para a formação de redes de escolas em torno de temas precisos, organizando um sistema de acompanhamento e avaliação destas experiências. Facilitar o desenvolvimento de aglomerados (*clusters*) de alta competitividade centrados nas escolas de engenharia formadoras de inovadores. Criar um sistema de incentivos fiscais para empresas que estejam investindo em formação de engenheiros junto a escolas de engenharia²⁶⁶, desde que esta formação esteja relacionada ao desenvolvimento de projetos (orientados para a empresa) pelos alunos de graduação.
- Fomentar de forma flexível: o fomento à educação para a inovação deve ser suficientemente flexível para cobrir os diferentes tipos de cadeias produtivas, com seus tempos e necessidades diferentes; e as diferentes necessidades regionais, concebendo, inclusive, que escolas diferentes na mesma região podem estar atingindo públicos e objetivos diferentes.

Mudanças estruturais e de paradigma

De tudo o que foi apresentado acima fica evidente a necessidade de mudanças estruturais nas universidades, de forma que possam abrigar os diferentes etos²⁶⁷ da pesquisa científica e do desenvolvimento tecnológico.

A universidade, por sua origem e por sua estrutura atual, é o lugar ideal para o desenvolvimento do etos da pesquisa no primeiro modo de produção de conhecimento. A presença de fatores extra-muros, como a necessidade social ou demandas de mercado que podem se aproveitar de invenções conduzindo a inovações em curto prazo, é facilmente levada ao ambiente de pesquisa por estudantes empreendedores incubados intra-muros, ou o uso no processo de formação de projetos com a indústria e estágios extra-muros. Os conglomerados (*clusters*), reunindo escolas e indústrias, são mecanismos mais complexos de integração das atividades de educação e pesquisa com o mercado, incluindo as estruturas bi-direcionais mencionadas acima. Correspondem a uma forma de integração das questões externas com as práticas internas através dos muros porosos que circundam o universo acadêmico, se ele estiver preparado para tal. Incubadoras e conglomerados são mecanismos que a sociedade está utilizando para a quebra do atual paradigma que distingue a realidade do mundo da "verdade" acadêmica. Além disso, respondem a distintos ciclos de produção de riqueza a partir do conhecimento.

²⁶⁵ L. C. Scavarda do Carmo, T. Costa, M. A. da Silveira, Engineering Education, The Fast Technological Revolution and the Innovation Loops, *Proceedings of ICEE2001*, CDROM, Oslo, Noruega: Norwegian Society of Engineers, 2001. Ver <http://www-pors.hit.no/tf/icee01>.

²⁶⁶ O que, na França, é chamado de *taxe d'apprentissage*.

²⁶⁷ Aportuguesamento de *éthos* (grego), conjunto dos costumes e hábitos fundamentais no âmbito do comportamento (instituições, afazeres, etc.) e da cultura (valores, idéias ou crenças), característicos de uma determinada coletividade, época ou região. Na antropologia norte-americana, reunião de traços psicossociais que definem a identidade de uma determinada cultura; personalidade de base. A. Houaiss e M. S. Villar, *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*, Rio de Janeiro, RJ: Objetiva, 2001.

A predominância do etos acadêmico levou à valoração quase exclusiva da pesquisa científica, medida por publicações em periódicos especializados. As formas de financiamento habituais valorizam excessivamente os currículos dos pesquisadores, em detrimento das atividades de desenvolvimento ou propostas bem alicerçadas em interesses industriais²⁶⁸. Vale observar que os currículos, quando usados como a mais importante forma de análise individual, em momento de troca de paradigma, podem tornar-se meras medidas de sucesso no passado, impedindo o salto visionário para o futuro. Por outro lado, sem um bom currículo perde-se a garantia de que o trabalho será efetivamente cumprido. O currículo LATTES/CNPq, por exemplo, contempla a produção tecnológica (patentes, protótipos, etc.), embora não especifique claramente o grau de envolvimento do pesquisador com a sociedade e as indústrias, ou até onde suas patentes de fato respondem a demandas da indústria brasileira. Talvez, em certas instâncias, os avaliadores devam buscar as informações em outras partes do currículo, ou mesmo complementar o currículo tradicional.

Este paradigma comportamental leva à interdição de formas de financiamento direto ou indireto ao desenvolvimento de inovações junto à indústria (segundo modo de produção de conhecimento) – ver a legislação e a prática administrativa brasileiras, que dificultam estas interações, inclusive proibindo o acesso de centros de pesquisa e universidades não estatais ao Fundo de Infraestrutura. O paradigma aqui criticado também leva à perda de interesse de pesquisadores por possíveis inovações, dirigindo-os em massa ao outro lado da balança. A análise deste tema será retomada na seção a seguir.

IV.4. A formação do engenheiro empreendedor/inovador: uma nova estrutura universitária²⁶⁹

Introduzir a dimensão empreendedora e inovadora na formação dos engenheiros é aventurar-se em mares ainda não cartografados. Enquanto diversas escolas de comércio²⁷⁰ já obtiveram alguma experiência no campo empreendedor, o mesmo não pode ser dito das escolas de engenharia, especialmente das brasileiras, muito menos se juntarmos a formação visando o desenvolvimento de inovadores tecnológicos. Mesmo as escolas francesas de ponta, tão dedicadas à formação de inovadores tecnológicos – através de seus contatos com a indústria – só recentemente juntaram o empreendedorismo às suas listas de competências; e o fizeram por perceber que o mundo não se resumia a belas invenções gerando renome científico.

Para as escolas de engenharia voltadas para a pesquisa universitária, o foco em inovação e empreendedorismo possui uma importância estratégica especial. Em uma primeira faceta reflete a crescente percepção de que seus novos graduados necessitam as capacidades e as habilidades técnicas e comportamentais do empreendedor para uma vida profissional com sucesso. Tal percepção pode ser facilmente inferida das demandas do mercado de trabalho e das oportunidades que aí tem aparecido²⁷¹. Uma segunda faceta reflete a importância dada à atuação social da escola, que aparece também na sua atuação junto às indústrias e na geração do bem-estar social. Em uma terceira

²⁶⁸ Com honrosas (e reduzidas) exceções, como o programa PADCT/CNPq, e algumas das atividades da FAPESP.

²⁶⁹ Esta seção é, essencialmente, a tradução e atualização do artigo J. A. S. Aranha, J. A. Pimenta-Bueno, L. C. Scavarda do Carmo e M. A. da Silveira, *Entrepreneurship in the engineering curriculum: some initial results of PUC-Rio's experiment*, *Proceedings of ICEE98*, Rio de Janeiro, RJ: PUC-Rio, CDROM ou <http://www.ctc.puc-rio.br/icee>, 1998.

²⁷⁰ Referimo-nos aqui às Écoles de Commerce francesas e correlatos em outros países, sem similar no Brasil, e cuja formação não correspondem às dos cursos de administração ou de economia.

²⁷¹ Ver a reportagem da Folha de São Paulo citada no capítulo 3, por exemplo; ou os perfis definidos pelo mercado de trabalho, no mesmo capítulo.

faceta, este foco reflete a atenção da escola em uma mudança importante em sua cultura institucional.

Esta mudança cultural das universidades de pesquisa é necessária para seu ajuste à crescente demanda social por mais tangíveis benefícios delas advindos. Atendendo esta demanda através de uma visão empreendedora realçada, estarão em melhor posição para atender às expectativas de seus estudantes e da sociedade, além de mostrar que praticam o que ensinam. Nesta seção defendemos que, com direcionamento apropriado, a visão empreendedora leva ao investimento em um conjunto de ativos complementares que aumenta a capacidade da universidade a responder às demandas sociais e, ao mesmo tempo, oferece aos estudantes elementos vitais para seu desenvolvimento profissional e pessoal.

O engenheiro empreendedor com base científica

Usamos como título o perfil apresentado pela PUC-Rio, a partir do qual serão discutidas as mudanças culturais e estruturais anunciadas acima. Este perfil está definido em Scavarda do Carmo *et al.*, 1997²⁷², acompanhando a política educacional recomendada pelo REENGE (Brasil) e pela NSF (EUA). .

Este perfil ideal²⁷³, que substitui o do engenheiro científico gerado nos anos 50 e 60 do último século, pode ser sumarizado como o conjunto de competências necessárias para fazer face às mudanças acima mencionadas:

- capacidade de gerenciar seu próprio fluxo de informações: capacidade de aprender por conta própria, o que exige uma ampla base cultural e científica, dado o presente estado do desenvolvimento tecnológico e a emergência de novos problemas;
- competência para criar, projetar e gerenciar intervenções tecnológicas: ser um proponente e um solucionador de problemas;
- competência em comunicação;
- capacidade de trabalho em equipe, capacidade de liderança;
- capacidade de avaliar os impactos sociais e ambientais das intervenções, ter perspectiva sobre suas próprias ações;
- visão de mercado, perspicácia em negócios;
- comportamento ético;
- e *last but not least*, espírito empreendedor.

"Espírito empreendedor" significa a capacidade de criar novos valores através do reordenamento da realidade.

*"O engenheiro empreendedor de base científica pretende, através de intervenções técnicas cientificamente baseadas (descoberta, invenção, planejamento, gerenciamento, organização) exibir e produzir novos produtos, serviços, transações, recursos, tecnologias ou mercados que sejam reconhecidos como válidos pela sociedade"*²⁷⁴.

O empreendedor deve constantemente referir-se ao mundo que o envolve, não somente para especificar o problema que precisa ser resolvido, mas também para buscar sua solução, testá-la e desenvolvê-la. E deve perceber que a sociedade atual – concorde ou não com ela – vê a atividade de engenharia em termos comerciais, e, assim deve estar preparado para negociar com esta realidade.

Desenvolvendo engenheiros empreendedores na universidade

²⁷² L. C. Scavarda do Carmo, J. A. Pimenta-Bueno, J. A. Aranha, T. S. da Costa, J. A. R. Parise, M. A. M. Davidovich e M. A. da Silveira, The entrepreneurial engineer – a new paradigm for the reform of engineering education, *Proceedings of the ICEE97*, Vol 1., Carbondale, Ill., USA: Southern Illinois University of Carbondale, 1997, p. 398-408.

²⁷³ Sempre lembrar que perfis de formação são ideais, constituindo idéias diretoras para a montagem de currículos e escolha das metodologias e estruturas a serem utilizadas.

²⁷⁴ Scavarda do Carmo *et al*, 1997, *op. cit.*

O perfil de formação do engenheiro empreendedor implica mudanças curriculares nos cursos de engenharia, tanto quanto ao conteúdo a ser tratado quanto às metodologias a serem adotadas²⁷⁵. Mais ainda, duas das competências listadas acima são atitudes internas: ser um "solucionador de problemas" e possuir um "espírito empreendedor". Para encorajar deliberadamente uma atitude interna em estudantes, é necessário colocá-los em um ambiente onde a atitude desejada seja corrente, onde a atitude em questão seja constantemente exigida e exemplificada.

Neste caso específico, futuros engenheiros empreendedores devem ser levados a resolver problemas concretos em contextos cada vez mais similares àqueles onde irão trabalhar (metodologia *hands-on*), e devem ser encorajados a começar seu próprio negócio, concebendo-o, planejando-o e simulando-o, e, quando possível, realizando-o.

Porém não é suficiente simular interações entre os estudantes e a sociedade. A universidade será inábil em realizar tais "exercícios", e estes permanecerão "acadêmicos" (em seu sentido pejorativo), a não ser que estas interações estejam sendo concretamente realizadas dentro do ambiente acadêmico. A educação do engenheiro empreendedor de base científica exige condições especiais. O mais importante é que a universidade deve comportar-se de forma empreendedora, particularmente nas suas interações com a indústria e com as agências governamentais. Estas relações devem ser baseadas em trocas, não em caridade. Além disso, a universidade deve ver-se a si mesma como um mercado, onde oportunidades vão e vem, onde decisões envolvem riscos, onde "produto" e "negócio" não são termos estranhos ou palavras contaminadoras. Neste ambiente, os professores serão capazes de contar aos estudantes sua própria experiência, provendo-os de modelos formativos concretos. Os estudantes não serão levados a apenas fazer simulações de negócios, mas a tomar parte em projetos e negociações da vida real, envolvendo a realidade social e a tangível presença de intervenções tecnológicas e de suas consequências.

No entanto, a universidade não é uma corporação envolvida com um tipo específico de comércio, nem os professores universitários são comerciantes. As intenções são diferentes, e os diferentes objetivos das sociedades industriais ou mercantis e da academia tendem a ser vistos como antagônicos, pois estão associados a etos contraditórios. Devem as escolas de engenharia, cada vez mais similares a escolas de comércio, destacar-se das universidades? Ou as universidades devem mudar seu ambiente para incluir os etos contraditórios do cientista acadêmico e do homem de negócios? A situação torna-se especialmente complexa no caso de universidades de pesquisa, no sentido dado por Humboldt²⁷⁶, recentemente reorganizadas para enfatizar a relação entre a pesquisa científica e o ensino. Para aprofundar a nossa compreensão do problema, faremos a seguir uma pequena digressão.

Gerenciando a mudança cultural da instituição

Talvez a essência do deslocamento de paradigma da universidade moderna consista em um movimento de um sistema (quase) fechado para um sistema aberto envolvendo intensas interações com o seu ambiente (mercado e sociedade). Universidades de pesquisa tradicionais tem vivenciado este deslocamento como um resultado da intensidade de sua pesquisa patrocinada extra-muros e, em um nível bem inferior, da exploração comercial de seus resultados. O notável desempenho de algumas destas universidades (no ambiente norte-americano, por exemplo) tem tornado claro, para governos e para empresas, o papel significativo de avanços no conhecimento na aquisição e

²⁷⁵ M. A. da Silveira e L. C. Scavarda do Carmo, Sequential and concurrent teaching: structuring hands-on methodology, *IEEE Trans. Education*, Vol. 42, n. 2, p. 103-108, 1999.

²⁷⁶ W. K. von Humboldt, *op. cit.*

manutenção de uma posição diferenciada. Como um resultado, a dinâmica inerente à pesquisa aplicada de tais universidades tornou-se parte da "cadeia de geração de valor agregado" de muitas importantes firmas e agências governamentais – gerando a noção de "universidade corporativa", ainda incipiente no país.

As forças que impelem as universidades a tornar-se ainda mais abertas têm crescido fortemente, afetando mais que as funções de pesquisa da universidade. Como o ciclo do conhecimento move-se cada vez mais rápido e a indústria aumenta sua capacidade de obter benefícios usando uma maior proximidade da universidade, as pressões para envolver outras funções universitárias nesta interação aumentam.

Neste sentido, há a necessidade de dotar a moderna universidade de caminhos que aumentem sua capacidade de interação, preservando, no entanto, certas características essenciais e distintivas, responsáveis por sua vitalidade intelectual, independência, alta qualidade e capacidade de previsão. Há diferentes caminhos para atingir estes objetivos.

De forma simplificada, consideremos as três principais funções de uma moderna universidade de pesquisa: educação, pesquisa básica, e pesquisa aplicada & inovação. A figura IV.4, a seguir, apresenta esta repartição de funções, junto com as interações correspondentes com a sociedade que a envolve, a serem melhor explicitadas adiante.

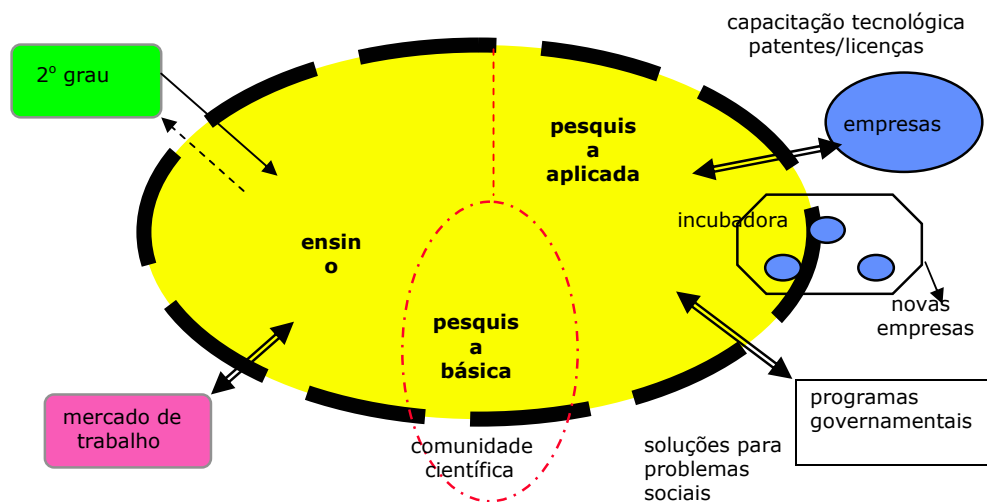


Figura IV 4: A nova universidade

A segunda e terceira funções são complementares: a pesquisa transforma recursos financeiros em conhecimento (básico ou aplicado); inovações transformam conhecimentos de volta em ganho financeiro, através de alguma posição diferencial no mercado. Espera-se que as universidades possam (crescentemente) participar do "negócio de inovações" gerado a partir de seus resultados de pesquisa, não apenas para aumentar a competitividade da indústria, mas também como suporte financeiro.

Vendo estas três funções universitárias, é da maior importância reconhecer que elas vinculam os já entrelaçados mas diferentes ambientes funcionais, com culturas e processos característicos. Esta diversidade é, ao mesmo tempo, essencial e peculiar ao ambiente universitário, como é o fato de que a maior parte daqueles envolvidos nestes processos são os mesmos indivíduos (professores-pesquisadores) que trocam de chapéu de acordo com o ambiente

onde se encontram. Esta última característica é uma das raízes da singularidade e da força do cenário universitário, dentro dos limites da capacidade de um único indivíduo conseguir assumir uma tal multiplicidade de funções sinérgicas.

As diferenças culturais aparecem das peculiaridades de cada função e da natureza dos ambientes que elas definem. O problema é organizar a conexão do sistema de inovação nacional com os ambientes intra-universitários (representados na figura IV.4), para além das ligações via a formação de profissionais para o mercado de trabalho. Este problema mostra a importância de "escritórios de desenvolvimento" ou "centros de administração de projetos" na universidade, facilitando e estreitando os laços entre a indústria e os diferentes ambientes universitários.

Um dos ambientes funcionais da universidade de pesquisa é o da pesquisa básica, o objeto fundamental da universidade segundo Humboldt. Organizado por disciplinas, ele transcende cada universidade em particular (ver a figura IV.4), formando a academia ou, mais explicitamente, o "empreendimento de pesquisa". Uma equipe de pesquisa básica tende a ter vínculos mais fortes com outras equipes dedicadas ao mesmo tópico em outras instituições que com equipes mais próximas geograficamente²⁷⁷. Neste caso, cooperação e comunicação são intra-disciplinares.

Na prática, é também neste ambiente onde o treinamento orientado para a pesquisa se encaixa: estudos de graduação já dirigidos para a pós-graduação, culminando em um doutorado. Um dos argumentos principais para o suporte à pesquisa neste contexto é o reconhecimento que uma boa formação para a pesquisa é impossível fora deste ambiente. Seu objetivo é formar uma nova geração de pesquisadores, para trabalhar dentro das fronteiras disciplinares habituais²⁷⁸. A estrutura organizacional e o padrão de financiamento das agências governamentais, que também seguem as disciplinas estabelecidas, reforçam este mecanismo de renovação baseado na replicação de cientistas-professores referidos a um ambiente internacional de pesquisa e divulgação.

O ambiente de ensino tem sofrido uma profunda mudança na última década. Originalmente, sua matéria prima eram os alunos terminando o ensino médio, e seu objetivo principal era prepará-los para assumir o papel profissional imediatamente após sua graduação; isto é, oferecer "engenheiros acabados" ao mercado de trabalho. Essa concepção era viável em uma época na qual a relativa estabilidade tecnológica garantia ao engenheiro assim formado uma vida útil profissional de 20 ou 30 anos. Hoje, mesmo para um curso de graduação ajustado para a tecnologia existente no momento da formação do aluno – uma hipótese utópica – 5 anos depois de graduado (nas áreas mais ativas, é verdade), o engenheiro terá de frequentar cursos de extensão ou de reciclagem.

Por isto, podemos dizer que os cursos atuais – dentro de sua concepção do "engenheiro acabado" – não são adequados ao mercado de trabalho atual. Na realidade, o engenheiro que busca uma reciclagem tem objetivos muito bem definidos e não pode se permitir parar de produzir por dois ou três anos, submetendo-se a currículos acadêmicos gerados a partir dos interesses dos grupos de pesquisa mais próximos. Daí a crescente importância dos cursos de extensão, educação continuada e educação à distância, o aparecimento de doutorados em engenharia (Eng. D., UMIST, RU) e de mestrados profissionalizantes (mal definidos pela CAPES, pois submetidos às mesmas regras e critérios de avaliação dos mestrados "acadêmicos"), e os cursos de reciclagem gerados frente às necessidades específicas de empresas. O novo paradigma requer a criação de novas instâncias e de novos mecanismos universitários dedicados ao desenvolvimento e coordenação destas atividades, em particular à oferta de novos diplomas e cursos, e à reformulação do existentes – de forma a

²⁷⁷ Este fenômeno tem sido descrito como a substituição das universidades pelas "multiversidades".

²⁷⁸ Fato tão inequívoco que é problematizado sempre que um estado moderno tenta planejar-se estrategicamente. Neste momento fala-se de criar equipes multidisciplinares ou desenvolver novas áreas multidisciplinares.

que a escola de engenharia ande de mãos dadas com o interesse industrial e empresarial do país, e não apenas voltada para si própria.

O sucesso atual da engenharia de produção (e não só no Brasil) pode ser imputado não só à formação gerencial proposta por estes cursos, mas também porque são cursos generalistas, fornecendo uma cultura mais pragmática e mais abrangente, combinando aspectos tecnológicos, administrativos, econômicos e financeiros. A especialização deve ser pensada apenas quando preciso (ou como a exploração de uma possibilidade) ou se requerida pelos interesses do mercado de trabalho. Os cursos de engenharia elétrica representam, às vezes, o sucedâneo mais próximo e com melhor nível matemático, no quadro universitário brasileiro, o que explica sua alta procura.

O novo estudante procura um maior espectro de formação no lugar de profundidade temática, e em um contexto mais largo que relaciona o conhecimento a sua aplicação, o que é um problema para o professor desejando um aluno especializado essencialmente em seu assunto de pesquisa.

O ambiente de pesquisa aplicada & inovação só pode ser criado de forma integrada com o Sistema Nacional de Inovação²⁷⁹ e com o interesse do setor industrial e do mundo dos negócios. Várias formas de interação entre este e o mundo acadêmico já tomaram forma, como indicado na figura IV.5, indicadas como "estruturas de superfície"²⁸⁰, atravessando as fronteiras universitárias:

- (a) laboratórios financiados por empresas e corporações dentro da universidade;
- (b) projetos de pesquisa & desenvolvimento ou consultorias patrocinados por empresas (com ou sem colaboração de agências governamentais, por parte de institutos acadêmicos ou de professores isolados):
 - relacionados a centros de pesquisa dentro das empresas;
 - relacionados às instâncias de operação da empresa, sem a intermediação de centros de pesquisa;
- (c) incubadoras de empresas tecnológicas ou comerciais;
- (d) empresas intermediárias entre a empresa interessada e a universidade²⁸¹.

Laboratórios universitários financiados por empresas (e não por agências governamentais) - item (a) - costumam estar associados a empresas de grande porte, como Petrobrás, Eletrobrás, IBM e Microsoft (exemplos reais), e orientados para a resolução de algum problema específico. Por exemplo, o Laboratório de Robótica da COPPE, financiado pela Petrobrás (em grande parte) foi montado para desenvolver o robô submarino que a Petrobrás usa em águas profundas. Laboratórios deste tipo não costumam ser usados com exclusividade para trabalhos para a empresa financiadora.

²⁷⁹ Ver o *Livro Branco da Ciência e Tecnologia*, Brasília, DF: MCT, 2002.

²⁸⁰ Usando uma metáfora biológica que aparece nas figuras 4 e 5, onde a universidade é representada como uma célula dotada de estruturas de superfície que organizam e selecionam o seu relacionamento com a sociedade que lhe é exterior, à parte o recebimento de alunos a partir do secundário (graduação) ou do mercado de trabalho (pós-graduação, extensão, educação continuada) e sua diplomação, que os retorna ao mercado de trabalho ou à atuação social.

²⁸¹ O INT, no Brasil, e os CRITT, na França, podem atuar como intermediários estatais, mas o esquema não é raro nos países desenvolvidos: empresas especializadas em encontrar, na academia, quem entende do assunto, e dedicadas à interface (nada trivial) entre os acadêmicos e o mundo dos negócios.

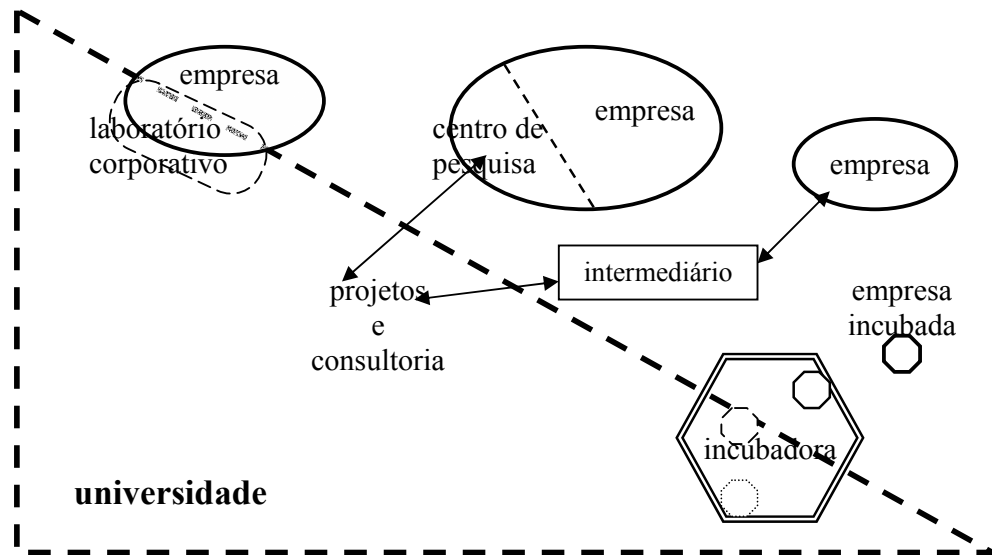


Figura IV.5: Estruturas de comunicação entre a universidade e a indústria

Mais comum é a situação de um laboratório financiado por agências governamentais ou pela própria universidade ser utilizado para projetos patrocinados - item (b) - que o ajudam a equipar-se. Um laboratório universitário típico costuma reunir equipamentos financiados pelas mais diversas fontes para diferentes projetos ao longo de um grande período de tempo.

Projetos patrocinados são mais fáceis de serem discutidos e realizados se, do lado da empresa, há um centro de pesquisa que fala a mesma língua dos pesquisadores universitários (é o caso do CENPES/Petrobrás, ou do CEPTEL/Eletrôbrás). Muito mais complicado é realizar projetos de consultoria no varejo, para clientes diversos, voltados para suas práticas cotidianas. Boa parte do trabalho do pesquisador é gasto procurando entender o problema do cliente e "vendendo" suas idéias - e depois explicando o problema em uma linguagem que permita especificar sua solução.

Mais interessante é o caso das incubadoras - item (c): geram as empresas a partir de oferta universitária de invenções & inovações, ou a partir de demandas externas, buscando interessados internos. Este caso será estudado em maior profundidade na próxima seção, através de um exemplo. Cabe notar que a estatística atual (no Brasil) de sobrevivência de empresas incubadas dois anos após a sua "graduação" é de 20% (cf. FINEP). Mas 20% que restem já é uma grande mudança. E a alteração do ambiente universitário é enorme, em especial para a formação de engenheiros inovadores.

O item (d) é um caso ainda raro no país, mas essencial: empresas que são formadas por terceiros (um "*business angel*"), baseadas em capital de risco, para desenvolver e comercializar um produto gerado na universidade. Nos países desenvolvidos há, inclusive, empresas especializadas em reunir o interesse de outras empresas (v.g. empresas de transporte) à capacidade de pesquisadores ou grupos universitários (v.g. especialistas em logística). Tem seu negócio no realizar o contato entre as demandas industriais e os pesquisadores capacitados e interessados, traduzindo as linguagens corporativas de lado a lado, negociando a pesquisa & desenvolvimento, cuidando (eventualmente) da parte técnica do desenvolvimento do produto, da assistência comercial e técnica e da manutenção do *software* ou do equipamento desenvolvido. Há uma razão essencial para uma empresa exterior à universidade cuidar destas atividades: elas não são próprias ao ambiente universitário, e chocam-se com o etos do pesquisador acadêmico. A este cabe a invenção e a inovação, é sua especialidade e corresponde à sua vocação e formação. As tarefas seguintes lhe são estranhas, exigem tempo e repetição, são próprias a empresas a elas especialmente dedicadas.

As empresas intermediárias realizam a interface entre as necessidades empresariais e o mundo acadêmico: buscam as demandas (por inovações) de um lado, observam as ofertas de outro (e mesmo a orientam), e estabelecem a relação entre os dois campos - o que nunca é simples, visto o que foi dito acima. Além disso, possuem maior liberdade comercial: podem comerciar com outras empresas (no país ou no exterior), e conjugar outras patentes (de empresas estrangeiras, inclusive) com patentes dos pesquisadores para oferecer um serviço ou um produto mais completo, que poderá, então, concorrer no mercado. Podem solicitar empréstimos e investir no produto sem as limitações universitárias (dado que entidades governamentais, filantrópicas ou comunitárias tem suas atividades fortemente restritas do lado financeiro). Podem correr riscos - o que não é o caso das universidades.

Claro, há situações em que não há outra solução que desenvolver estas atividades dentro da universidade, que passa a funcionar como prestadora de serviços - quando não aparece um "*business angel*". Mas não será o caso, então, de incubar uma empresa com esta finalidade específica? Eis uma razão para incubar empresas: completar a pesquisa universitária com o serviço necessário a transformá-la em produto, e dele se aproveitar comercialmente - revertendo parte dos resultados à universidade e a seus pesquisadores. Isto não é competir com a universidade, dados que estas funções não lhe são características.

Todas estes quatro tipos de "estruturas de superfície" tem sido considerados válidos, mas encontram resistência por parte do núcleo acadêmico tradicional. Sem dúvida, tais iniciativas provocam a abertura da universidade para a sociedade, permitindo a troca de experiências (o que só ocorre com a perda de uma certa arrogância acadêmica), a prestação de serviços (mútua) e a criação de uma atmosfera empreendedora na qual o desenvolvimento de inovações pode ser pensado. Isto é, estas iniciativas são essenciais para a criação de um ambiente adequado para a formação de engenheiros empreendedores e voltados para o desenvolvimento de inovações, na medida em que comprometerem professores e alunos na forma apropriada.

A notar que estas não são as únicas formas de interação universidade-indústria. A já citada participação de representantes da indústria e do setor de negócios e de ex-alunos nos conselhos universitários (em especial no Conselho de Desenvolvimento) pode ir além da tentativa de "passar o chapéu" para financiamentos a fundo perdido²⁸². A definição de pontos de interesse em comum, com a eventual definição de cátedras patrocinadas (procedimento comum nos EEUU), e a colaboração na preparação de currículo são outros exemplos deste tipo de interação.

Porém a oposição a contatos com o mundo de negócios tem outras razões além de uma arrogância natural e da recusa à incertezas do mundo concreto. Trabalhar com empresas externas costuma resultar em produção de conhecimento que deve permanecer confidencial para defender os interesses comerciais. Este comportamento é o oposto ao princípio da informação compartilhada inerente à ciência: a informação deve ser facilmente acessível, devido a seu interesse social e porque precisa ser criticada e testada visando sua validação e futuro desenvolvimento.

Os consequentes problemas de propriedade intelectual, que tem sido assunto de muitas iniciativas e mudanças de legislação, permanecem mal resolvidos - em especial no que toca a redes de pesquisa, envolvendo cientistas inicialmente externos ao grupo original, mas envolvidos a seguir, direta ou indiretamente. Às vezes é difícil definir onde termina a ciência (na qual a propriedade intelectual exige apenas a citação, e a divulgação livre e completa é obrigatória) e onde começa o desenvolvimento comercial (do qual espera-se retorno financeiro). A biotecnologia atual, que retira produtos promissores da

²⁸² As Grand Écoles francesas escolhem seus diretores entre homens de negócio conhecidos, até então trabalhando junto ao setor industrial, reforçando o vínculo com este setor.

identificação de novos compostos naturais - desde que não sejam prontamente divulgados, para permitir a futura patente - é um exemplo candente e atual deste problema²⁸³.

Pesquisa aplicada relacionada a produtos específicos opera sob condições contratuais estabelecendo limites claros, fases bem definidas e orçamentos rígidos, ao contrário da pesquisa básica. A discrepância em ganhos e nas chances de assegurar recompensas contratuais (pois certas áreas universitárias tem muito mais chance de obter bons contratos que outras) pode levar à negligência relativa da pesquisa básica e à busca da verdade em favor das possibilidades mercantis e interesses comerciais exclusivos de uma pequena parcela da sociedade²⁸⁴. A questão ética aparece de forma espetacular: a instituição encarregada da crítica independente²⁸⁵ passa a participar (e até a depender) do desenvolvimento e do lucro gerado pelos produtos e métodos que é chamada a criticar.

O desacordo com esta situação é, às vezes, expresso com veemência: "Estudos sectários, assim como o sigilo, comprometem a reputação da ciência e seu objetivo de pesquisar a verdade. Os professores universitários, remunerados pela indústria, passam por especialistas junto ao Congresso [estadunidense] e aos organismos de regulamentação, sem revelar suas ligações com o mundo dos negócios. Os departamentos científicos das universidades públicas vem tecendo, em sigilo absoluto, laços com empresas. As revistas médicas não revelam os conflitos de interesses de seus autores"²⁸⁶. Lembremo-nos que a indústria de cigarros e a indústria farmacêutica têm financiado extensivamente cientistas universitários para produzir avaliações das drogas que produzem²⁸⁷. No mínimo um conflito de interesses revelando uma situação eticamente comprometedora; e o fato das pressões financeiras (em especial o risco de perda de financiamentos e contratos) desestabilizarem a independência da crítica universitária. Não que a situação seja nova, mas o novo paradigma a facilita caso não haja o necessário engajamento ético acompanhado de uma vigilância suficientemente acurada. E de alguma forma de proteção à produção científica permitindo a existência do debate fundamentado - proteção que exige instâncias independentes (agências governamentais de controle das atividades industriais financiando pesquisas independentes, por exemplo) e algum tipo de separação e controle entre o mundo externo à universidade e suas áreas de produção científica e intelectual.

Como mover a universidade?

Como mover a universidade de pesquisa na direção deste novo paradigma? Podemos dizer que as pressões externas e a liderança interna são elementos chave para esta mudança. Sem pressões externas não parece haver energia suficiente para mudanças no *status quo* na direção da relevância externa intrínseca, ao menos no cenário brasileiro. Estas pressões manifestam-se,

²⁸³ No Brasil não é possível patentear "princípios ativos naturais". Onde há pesquisadores universitários possuidores de estudos aprofundados no assunto que nem podem publicar seus resultados (pois perderão a possibilidade de aproveitamento comercial futuro) nem podem patenteá-los no país. A "solução" é vender o conhecimento a uma indústria estrangeira, que patenteia o produto no exterior, como ocorreu com as moléculas derivadas do veneno da Bothrops. A notar que as instituições governamentais que financiam pesquisas deste tipo sofrem este tipo de restrição, acrescida da impossibilidade de dividir os lucros de uma patente com empresas produtoras de iniciativa privada (assunto, aliás, da Lei de Inovação, ainda nas mãos do Congresso nacional).

²⁸⁴ Ver University - industry relationships: stage III, *Meeting report of the Council of Government Relations Meeting*, June 12, 1997, published by the Council of Government Relations, Washington, DC, USA.

²⁸⁵ Não há crítica "desinteressada". No mínimo, o cientista, ao emitir opiniões sobre práticas sociais, está defendendo o seu poder simbólico de determinar a "verdade", e, inclusive, de determinar o que pode ou deve ser financiado pelos estado - incluindo aí sua própria atividade.

²⁸⁶ R. Collins, *Assuring truth in science, a must*, *The Baltimore Sun*, 29 de agosto de 2000. Ver também a crítica à *market-model university* em J. Engell e A. Dangerfield, *The market-model university: humanities in the age of money*, *Harvard Review*, maio-junho de 1998.

²⁸⁷ Editorial do *The New England Journal of Medicine*, Boston, 24 de fevereiro, 22 de junho e 13 de julho de 2000. Este tipo de acusação tem sido freqüente nos diários e nas revistas especializadas.

principalmente, pela instabilidade de financiamento (diminuição do suporte estatal, por exemplo) e ameaças ao prestígio institucional. O papel principal das lideranças, neste caso, parece ser o de dirigir estas pressões em direções internamente frutuosas e aceitáveis, gerando situações exemplares apropriadas (com efeito demonstrativo) que acumulam impulso para a mudança – e de novo aparece uma função que, além da vontade política da instituição, exige uma estrutura especialmente dedicada, como um escritório de desenvolvimento ampliado.

O novo paradigma está ganhando, gradualmente, legitimidade, graças aos exemplos inovadores que tem obtido sucesso nas principais universidades do país. Só depois de obtida esta legitimidade é possível mudar o sistema interno de recompensas (salários e promoções) de forma a levar em consideração as atividades em todos os três campos assinalados na figura IV.4.

Quatro outros fatores devem ser levados em consideração para diminuir as resistências à mudança de paradigma:

- Visibilidade externa: grande esforço deve ser alocado junto aos agentes externos para convencê-los de que a universidade está entregue ao novo paradigma, e com vigor, reforçando a imagem de pioneirismo que uma universidade de pesquisa deve ter. Os imperativos para as mudanças devem ser claramente apresentados, levando ao convencimento de que esta é irreversível.
- Mudança para reforçar: deve ser desenvolvida uma visão comum dos elementos essenciais da mudança e do processo de mudança. Muito importante é a contínua afirmação do que deve ser preservado do modelo institucional existente (pesquisa de qualidade, por exemplo) e dos elementos novos que os reforçarão (financiamentos cruzados, por exemplo). A respeito disso, deve-se reafirmar (com palavras e atos) que o ambiente de pesquisa aplicada & inovação vem se adicionar e não substituir o ambiente de pesquisa básica. Que a situação nova usa sua complementaridade, no lugar de ser uma interferência destrutiva.
- Profissionalismo: como o novo ambiente de pesquisa aplicada & inovação exige interações extensas com a indústria, os professores devem ser ajudados por um corpo de profissionais (pessoal de ligação, *staff*) sob a liderança de um professor da área tecnológica e a assistência de conselhos encarregados do controle político e ético. Este grupo dá nascimento ao escritório de desenvolvimento mencionado acima.
- Empreendedorismo: como o novo ambiente de pesquisa é estritamente dependente do estabelecimento da cultura empreendedora na universidade, sugerimos criar uma nova unidade especialmente devotada a esta finalidade, tanto do ponto de vista acadêmico quanto prático²⁸⁸.

As meta-estruturas de organização e contato

Mais que incubadoras de empresas, faz-se necessário criar estruturas que promovam o ambiente empreendedor necessário para a formação do engenheiro inovador, vinculando-se às funções de ensino e pesquisa. Mais que uma estrutura de superfície (como o é uma incubadora), deve exercer uma função estruturadora na universidade que caminha na direção do novo paradigma. Diremos que é uma "meta-estrutura" de organização e contato que relaciona o ambiente interior da universidade a seu exterior, mas movida a partir de estímulos internos: alunos interessados e idéias geradas dentro da universidade, entre alunos e pesquisadores. Só então busca e influências externas (mentores, consultores, professores) e fontes de investimento (capital de risco, *business angels*); para chegar, depois da fase de incubação, a novas empresas autônomas oferecendo produtos e serviços inovadores à sociedade.

²⁸⁸ Um exemplo de estrutura criada nesta direção é o Instituto Gênesis, da PUC-Rio, www.genesis.puc-rio.br.

A captação da demanda por inovação e serviços por parte da indústria e da sociedade cabe a um escritório de desenvolvimento, outra meta-estrutura já descrita anteriormente, preparada para receber estímulos externos (solicitações da indústria e da sociedade) e buscar, dentro da universidade, os pontos onde ancorá-los e a forma de atuação para que frutifiquem em novas colaborações. E vice-versa: orientar a oferta interna de inovações e conhecimentos na direção de interesses e financiamentos externos.

Há ainda uma terceira meta-estrutura, interligando ambiente empresarial, exterior à universidade, e seus processos internos, e que exige a criação de uma instância organizadora e estruturante (eventualmente absorvida pela incubadora e/ou pelo escritório de desenvolvimento), que será aqui denominada de "central de estágios". Sua necessidade aparece ao considerarmos as disciplinas baseadas em problemas sobre temas de interesse externo, onde o contato com um cliente concreto passa a ser um elemento essencial da formação do engenheiro inovador (ver o próximo capítulo). Esta estrutura é essencial para criar um sistema de estágios junto à indústria integrado ao currículo, estágios a serem acompanhados e avaliados academicamente. À medida que a procura de temas para projetos e de estágios junto ao mercado e à indústria passa a ser mais intensa, a atividade assim gerada escapa às possibilidades de controle dos alunos, trabalhando por si próprios, ou dos professores da instituição, trabalhando individualmente. Estes últimos devem estar preocupados com o acompanhamento acadêmico e pedagógico dos projetos e dos alunos envolvidos, de forma independente dos contatos industriais assim gerados (ou dos já existentes).

A procura de temas através de contatos com a indústria, a organização do conjunto de informações obtidos, a organização de "feiras de projetos" ou da oferta de estágios, os registros legais necessários para estes, o acompanhamento formal de projetos e estágios para fins de concessão de diploma e para o aproveitamento (eventual) de resultados, necessita, de novo, de um corpo de funcionários especializados e de uma estrutura administrativa especialmente dedicada. A centralização, neste caso, simplifica os procedimentos e permite sinergias antes impensáveis, como um mesmo projeto congregando alunos de engenharia, de marketing, de desenho industrial²⁸⁹ e de direito - gerando o desejado trabalho em equipes multidisciplinares diante de um problema social concreto, integrado ao aprendizado do futuro engenheiro.

Exemplos destas estruturas aparecem nas escolas francesas e alemãs, eventualmente absorvidas na diretoria da instituição. Na França ela foram fortemente incentivadas pela atração da "taxa de aprendizagem", isenção fiscal repassada por empresas interessadas e que financia parte das atividades da escola.

Visitando escolas no exterior, o autor observou ser regra a presença de um grupo importante de funcionários não acadêmicos e de alto nível, a maior parte deles alocados em estruturas administrativas de uso comum mas diferenciados em relação ao secretariado encarregado da administração universitária. São os encarregados da busca ativa e da gerência de contatos com a indústria e com o mercado, visando estágios, projetos e contratos, ou mesmo coletando e repassando as informações obtidas sobre os interesses sociais e os universitários, e gerindo as estruturas discutidas neste capítulo, agregados no que chamamos de meta-estruturas de organização e contato.

Estas meta-estruturas, para serem ativas e eficazes, gastam energia, mas são essenciais para a formação do engenheiro empreendedor - tanto na criação do ambiente de ensino ativo e de pesquisa, como na regulação das trocas entre a universidade e a sociedade que a envolve - incluindo aqui a resolução dos conflitos entre os diferentes etos e os dilemas éticos já apontados. Daí ser imperativo que seus princípios sejam ditados pela comunidade acadêmica, através dos conselhos e comissões universitários, onde a representação de todos

²⁸⁹ Ou de design, palavra agora incorporada à nomenclatura acadêmica brasileira.

os atores (professores, funcionários, estudantes, representantes da indústria e do mercado de trabalho) é essencial, trazendo o aporte de diferentes culturas, de diferentes visões do mundo e das diferentes perspectivas com que encaram o problema da formação do engenheiro.

Capítulo 5

CURRÍCULOS PARA ENGENHEIROS INOVADORES

No capítulo II foi apresentada uma primeira visão da montagem curricular (figura II.1), onde aparece uma sequência de etapas a ser trilhada:

- Em um primeiro momento, escolher o perfil de formação, uma lista de problemas contextualizados associada, e os valores da escola. Todo o terceiro capítulo foi dedicado a estas escolhas, discutindo-se as fontes do currículo e mostrando exemplos ilustrativos.
- Em um segundo momento, definir as competências do engenheiro pretendido, o que passa por especificar, a partir da lista de problemas:
 - as aptidões supostas (ou a serem desenvolvidas),
 - os saberes de interesse e os conhecimentos a serem apropriados pelos alunos,
 - os *savoirs-faire* (saber-fazer) a serem adquiridos ou treinados,
 - e as atitudes a serem incentivadas (ou desenvolvidas).

Algumas listas de competências foram apresentadas à guisa de exemplo no segundo capítulo. O processo de escolha das práticas profissionais de interesse e das competências consequentes foi situado apenas conceitualmente.

- Em um terceiro momento aparece uma etapa marcada como transposição didática: a passagem do perfil de formação e das competências ao currículo formal (ou planejado). O conceito de transposição didática será melhor discutido abaixo, sendo tema deste capítulo.
- De qualquer forma, um currículo especifica atividades, disciplinas, avaliações - o que implica a escolha de metodologias didáticas - a serem inscritas no tempo e no espaço do aprendizado (ou os definindo) e exigindo uma determinada organização curricular.

A estrutura curricular é dependente das metodologias didáticas escolhidas, que devem ser meios adaptados ao perfil de formação e aos valores pretendidos (e donde às competências, conhecimentos, *savoirs-faire* e atitudes escolhidos). Isto é, a transposição didática, das práticas e objetivos às atividades curriculares, não é unidirecional; a montagem de um currículo exige idas e vindas, correções e ajustes. A estrutura lógica do conhecimento pretendido restringe a estrutura das disciplinas (um dos assuntos tratados no quinto capítulo), e, em escala mais ampla, a estrutura do próprio currículo. Por sua vez, as atitudes, competências e valores induzem metodologias. A escolha dos objetivos (perfil de formação, valores, competências, etc.) não é neutra em relação às demais escolhas do currículo.

Não apenas estas questões, mas também as circunstâncias concretas em que o currículo é aplicado, levaram Perrenoud²⁹⁰ a diferenciar o "currículo formal" do "currículo real", e a falar de uma "engenharia da formação". Aplicar um currículo formal é expô-lo à crítica da realidade, exigir modificações e adaptações, ao menos se queremos atingir os objetivos pré-fixados, e se for desenvolvido um sistema de avaliação capaz de detectar a distância entre estes e o que está sendo realmente obtido.

Repetimos na figura VI.1, abaixo, o "diagrama de transposição didática a partir das práticas" proposto por Perrenoud. Foi apresentado em formato sequencial para sublinhar a gênese das diferentes etapas, e para expor fortemente a diferença entre o "formal" e o "real".

²⁹⁰ Ph. Perrenoud, La transposition didactique à partir de pratiques: des savoirs aux compétences, *Revue des sciences de l'éducation* (Montréal), Vol XXIV, n. 3, 1998, p. 487-514 (ver http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/1998/1998_26.rtf).

De fato, sua aplicação exige contínuos retornos a etapas anteriores, reescrevendo, corrigindo e adaptando o já programado - ou porque o desejado não se encaixa nas restrições concretas, ou porque o currículo escolhido não consegue atingir seus objetivos. Este trabalho exige um contínuo trabalho de avaliação crítica do que está sendo realizado e de sua contextualização social. Um currículo é um caminho, embute uma aposta, a ser sempre atualizada e adaptada à situação concreta, conforme lembramos no segundo capítulo.

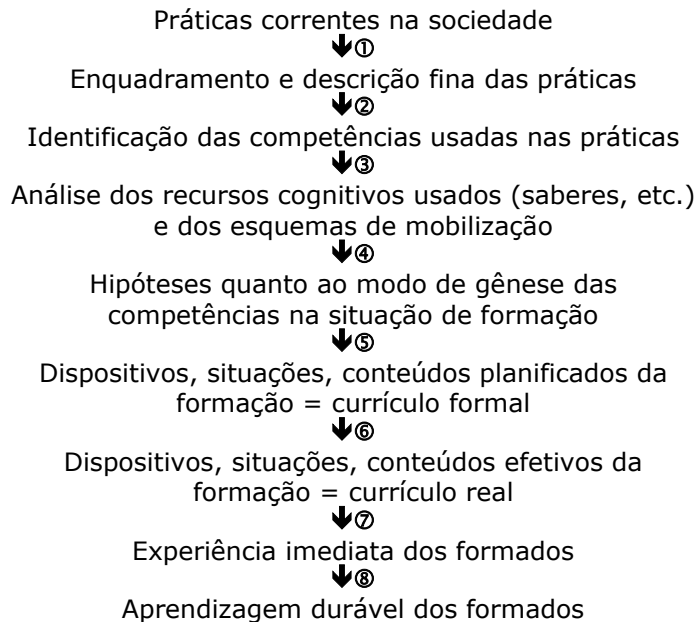


Figura V.1: Transposição didática a partir das práticas²⁹¹.

Na figura V.1 aparecem duas expressões que merecem comentário. Uma é "recursos cognitivos mobilizados". Perrenoud relaciona "informações, teorias, conceitos, relação com o saber, métodos, técnicas, procedimentos, habilidades, atitudes", sublinhando a sua pluralidade, sem definir a todos os termos com precisão. Apenas observa que informações e saberes congregam os recursos externos ao sujeito, e teorias e conceitos são também produtos de um fazer. Outra expressão é "esquemas operatórios", denotando os recursos que "permitem, em tempo real, a mobilização eficaz dos recursos cognitivos; sem esses esquemas, os recursos não são ativados, transferidos, adaptados, coordenados, breve, restam 'letra morta'"²⁹². Aí aparecem não apenas as questões psico-sociais, mas as atitudes e estruturas cognitivas do aluno, dependentes de seu desenvolvimento psicológico e emocional.

As etapas de 4 a 7 serão discutidas em outro trabalho; o autor já as tendo abordado dentro do contexto de uma disciplina particular²⁹³. A metodologia

²⁹¹ Ph. Perrenoud, *op. cit.* Notar que a figura de Perrenoud é linear, sem representar "feedbacks" entre os diferentes níveis. Isto é, representa apenas uma sequência lógica, a ser retomada e repassada em diferentes momentos da implementação do currículo - questão não abordada por Perrenoud em seu artigo, mas tema central de C. Coll, *Psicologia e currículo*; São Paulo, SP: Editora Ática, 1996.

²⁹² *Ibd.* Esta noção remete à psicologia de Piaget e, mais fundamentalmente, à psicologia da percepção de Kant, ver U. Eco, *Kant e o ornitorrinco*; Rio de Janeiro, RJ: Editora Record, 1998.

²⁹³ M. A. da Silveira e L. C. Scavarda do Carmo, Sequential and Concurrent Teaching: Structuring Hand's-On Methodology, *IEEE Trans. Education*, Vol. 42, n. 2, 1999, p. 103-108, M. A. da Silveira, Conceitos, Sentido e Competências: Aplicando o Ensino Concorrente, *Revista Brasileira de Ensino de Engenharia* (ABENGE), Vol. 20, n. 2, dezembro 2001, pp. 15-25, M. A. da Silveira, Planificação de conteúdos e de problemas: um ensaio sobre a didática do conceito de estabilidade, *Revista Brasileira de Ensino de*

didática discutida nestas referências apresenta procedimentos de aproximação entre o currículo formal e o currículo real, como a "realimentação do erro" e a definição/modificação de testes e trabalhos em função da resposta dos alunos e das lacunas observadas.

Porém tratamos aqui, em especial, da formação do engenheiro inovador e empreendedor - um certo tipo de perfil de formação, o que leva à escolha de determinadas metodologias, em especial o aprendizado a partir de problemas e o uso de projetos e/ou de ensino concorrente. O que exige um determinado ambiente universitário e o desenvolvimento de um conjunto de estruturas de comunicação da escola com o sociedade que a envolve, além do gerenciamento dos conflitos que aí aparecem, como visto no quarto capítulo.

Aparece a pergunta: como estruturar o currículo para a formação do engenheiro inovador, considerando o que já foi discutido?

Esta pergunta precisa ser desdobrada em outras questões. Como seguir o diagrama de transposição didática no caso do currículo de um curso de engenharia, sem recair no "conteudismo" preguiçoso, que tudo reduz a uma organização sequencial de teorias e práticas²⁹⁴? Em torno de qual atividade estruturar o currículo? Como organizar o tempo e o espaço do aprendizado? Como implementá-lo? Como avaliar sua aplicação? Como adaptar o currículo formal à situação real emergindo ao longo de sua aplicação? Finalmente, como gerar as modificações na escola para atingir seus objetivos?

Uma lista de atividades curriculares está apresentada na seção II.4, parte delas tendo sido discutida no capítulo IV. Alguns exemplos serão mostrados nas seções II.5, V.2, V.3, V.4 e nos Apêndices deste capítulo. Mas o problema da escolha do currículo a partir das competências e valores permanece essencialmente em aberto. Neste texto, vamos nos limitar a discutir algumas tentativas atuais, criticando-as a partir dos conceitos já estudados e das experiências conhecidas, de maneira a informar o processo de estruturação curricular. Preparando essa discussão e a trazendo ao contexto de sua implementação universitária, será esboçado na próxima seção, sem grandes pretensões, um referencial teórico.

V.1. Uma discussão aberta

Um problema concreto de engenharia é, fatalmente, multidisciplinar. Primeiro porque a realidade não se acomoda a nenhuma classificação, dada que estas, para serem úteis, precisam quantizar o contínuo real em um conjunto de categorias discretas, donde redutoras. Segundo, porque faz apelo a diferentes disciplinas para a sua resolução, e, frequentemente, precisa articulá-las de forma inovadora. Terceiro, porque pode ser analisado sob diferentes pontos de vista - e o deve ser, se procuramos os impactos sociais, econômicos, culturais, políticos, etc. das tecnologias e soluções propostas. E, além disso, sendo uma "intervenção em práticas sociais", sobre o projeto e suas soluções recaem os imperativos éticos - aqui cruzamos toda a discussão atual sobre transdisciplinaridade²⁹⁵, complexidade, e a busca do transcender a racionalidade instrumental.

Engenharia, Vol. 22, n. 1, 2003, p. 33-48, M. A. da Silveira, Sobre representações pragmáticas, artigo em proposição.

²⁹⁴ Solução de facilidade, sem dúvida, mas também resultado de limitação da compreensão dos mecanismos de aprendizado e formação.

²⁹⁵ Um problema "multidisciplinar" ou "pluridisciplinar" envolve sub-problemas de diferentes disciplinas, cada um considerando os objetivos e métodos de sua própria disciplina. Um problema "interdisciplinar" exige a interação de diferentes disciplinas, da consideração de questões de uma disciplina usando os métodos de outra, à busca de complementaridade dos métodos, conceitos e estruturas sobre os quais se fundamentam as diferentes disciplinas. Ver H. Japiassu e D. Marcondes, *Dicionário básico de filosofia*, Rio de Janeiro, RJ: Zahar editora, 1991, p. 136. O termo "transdisciplinar" aparece quando se procura mostrar que o mundo real atravessa e integra as diferentes disciplinas. Por exemplo, em educação, uma mesma situação motiva e gera problemas em

Em um currículo organizado conforme uma estrutura disciplinar convencional (organizada em torno da sequência das "matérias" e suas aplicações), um problema de engenharia acaba sendo visto como "transdisciplinar". Isto é, atravessa as diferentes disciplinas do currículo, integrando-as sob um olhar preñado de significados, trazidos pelo contexto onde foi definido²⁹⁶ e, esperamos, pelos valores defendidos pela escola. A decomposição do problema por disciplinas perde esta visão integradora, a ser recuperada em atividades "extra-curriculares" ou "complementares", como Trabalhos de Fim de Curso e estágios de Iniciação Científica e Tecnológica. Ou ainda "projetos transversais" preparados ao longo do curso.

Já em uma metodologia pedagógica "a partir de problemas", o problema de engenharia passa a ser o eixo do aprendizado, as disciplinas aparecendo como instantes de apreciação e desenvolvimento de direções particulares, redutores da complexidade do real, mas permitindo a construção de técnicas e práticas essenciais na obtenção de soluções. Estas técnicas e práticas - e as teorias que as fundamentam - devem, a cada vez, ser analisadas em função dos objetivos do problema e dos valores do curso. Caso contrário perde-se de vista a eficácia das soluções (passam a ser "fins em si") e a sua contextualização ética, social e humana. Os meios empregados deixam de ser adaptados aos fins e aos valores. Além disso, a discussão crítica permite exercitar a capacidade de argumentação e a expressão oral e escrita.

Aqui aparece a dificuldade própria ao esforço de retornar de uma teoria formalizada ao contexto que lhe dá significado, ainda mais considerando a distância atual entre estas duas instâncias devido à profundidade e extensão alcançadas por algumas disciplinas. Mas este é o objetivo - difícil, é certo - da etapa de "interpretação dos resultados teóricos no problema original" presente em qualquer curso sobre a arte de resolver problemas de engenharia.

Isto é, um problema de engenharia, devidamente contextualizado, restaura (ou deve restaurar) a complexidade do real.

A frase é linda, mas levanta muitos problemas. Como lidar com a complexidade, isto é, como levar em conta o caráter multidisciplinar dos problemas de engenharia, de forma a abranger suas possibilidades técnicas e seus aspectos humanos, sociais e éticos, sem perder a capacidade de resolvê-los de forma eficaz - com uma noção rediscutida e responsável de eficácia? Como preparar o aluno para enfrentar esta complexidade? Se esta aparecer gradualmente ao longo do tempo do aprendizado (como sugere a experiência didática), qual a ordem dos diferentes fatores, e sob qual estrutura deverão ser invocados?

O tema tem sido muito discutido, quer nas obras de epistemologia da engenharia (inclusive aparecendo em algumas das listas de competências de cursos atuais²⁹⁷), quer nos autores ditos "pós-modernos"²⁹⁸, quer nos trabalhos

diferentes disciplinas, que se citam uma às outras, mesmo que não haja um verdadeiro trabalho multidisciplinar ou interdisciplinar. O que se pretende é a integração de um objeto comum; como o ser humano diante das diferentes ciências humanas e sociais; ou a formação do aluno como cidadão e ator no mundo concreto, no caso da educação.

²⁹⁶ A educação a partir de projetos costuma ser justificada pelo caráter integrador do projeto (além de seu caráter motivacional), principalmente na educação fundamental.

²⁹⁷ Ver, no capítulo 2, a descrição do perfil de formação do engenheiro *centralien*.

²⁹⁸ Ver W. E. Doll, Jr, *Currículo: uma perspectiva pós-moderna*; Porto Alegre, RS: Artes Médicas, 1997; e sua bibliografia. Embora a crítica e a visão educacional (intuitiva) de Doll sejam acompanhadas pelo autor, Doll (conforme o discurso recorrente "pós-moderno") mitifica conceitos como os de entropia, evolução, caos, auto-organização, estruturas dissipativas e paradigma, aos tentar utilizá-los fora de seus contextos originais sem compreendê-los profundamente, deles nada retirando de útil a não ser as intuições da passagem da predeterminação pedagógica à transformação como regra e objetivo da educação, e de um pretensão "paradigma dos sistemas abertos". Basta ver como, para passar do foco no produto ao foco no processo, do planejamento fixo ao planejamento flexível, não precisamos invocar as teorias desenvolvidas pela física e matemática do século XX - que só servem, neste contexto, para ajudar a arrancar os professores e educadores de suas certezas ancestrais. Preferimos olhar a atividade educacional em si, seguindo o caminho já postulado por Dewey, o qual, por sinal, também é defendido por Doll. A mitificação de conceitos como o de entropia

buscando aproximações "holísticas" da realidade²⁹⁹. O que podemos dizer é que, no lugar da recusa da tecnologia (que retorna, fatalmente, em nossas práticas, sob imperativos econômico-pragmáticos), é melhor abordá-la de frente, no conjunto de suas possibilidades - o que exige tempo e grande esforço intelectual - e rediscutí-la frente às questões colocadas pela ética e pela cidadania; e isso ao longo de toda a formação do futuro engenheiro.

Ou seja, trazer a discussão dos valores e do homem como fim (e não apenas como meio) aos projetos didáticos, à sala de aula e ao laboratório. O que passa por exigir dos alunos o exercício de um pensamento não limitado pela racionalidade técnica, e o uso de ferramentas não usuais na formação de engenheiros tradicionais, como o debate público, a preparação de relatórios escritos e bem redigidos e sua defesa oral, a apresentação de argumentações não restritas ao ambiente formal-matemático, o trabalho em equipes multidisciplinares reunindo diferentes formações, e expor seu trabalho à crítica de "clientes" ou de interessados externos à escola de engenharia ou à academia. Mais ainda, trazer o aluno à posição de sujeito. Dar espaço às suas escolhas, e às experiências auto-motivadas e sujeitas a consequências.

O defeito - ou a virtude - é que estas atitudes saem da racionalidade técnica³⁰⁰, da busca da eficiência máxima pensada como o domínio de um fazer bem definido "a priori" - isto é, projetado. Contra esta fuga à racionalidade técnica se insurgem os hábitos da escola de engenharia, dos engenheiros tradicionais e dos professores - daí a importância de afirmar os valores da escola e de sua visão social, defendida neste texto, que vem se somar ao que já foi dito sobre a formação do engenheiro inovador no quarto capítulo.

Vejamos um exemplo desta questão: o confronto entre "currículos flexíveis" e "currículos fechados. Nos currículos flexíveis o aluno pode escolher parte do curso adaptando sua formação a seus interesses, sendo mesmo sugerido que se aventure em outros campos, de forma a alargar seu espectro de competências e sua visão do mundo, porém escolhendo seu caminho na busca de desbravar a complexidade do saber e do real. Esta atitude se revela útil frente ao mercado de trabalho estendido, ao desenvolvimento da criatividade, à ampliação da compreensão contextual, e à percepção de outros pontos de vista (necessária para uma visão ética da realidade e para todo tipo de negociação com seres capazes de respostas motivadas).

Nos currículos fechados, os recursos - tempo, esforço, dinheiro - são otimizados (o que, para além do fordismo-taylorismo, responde a uma necessidade real: o custo da educação para o aluno, para a escola e para a sociedade), garante-se um perfil de formação bem definido, sendo muito mais fácil (ou possível) uma avaliação da qualidade do curso frente a seus objetivos, agora claros e fixos.

O gerenciamento de cursos com currículos muito flexíveis é muito mais complexo, tanto quanto ao aspecto da explosão de custos (exigindo uma cuidadosa composição da oferta de atividades e disciplinas), quanto ao controle dos diplomas oferecidos, e quanto à distribuição de recursos pelas diferentes unidades da escola. As demandas são afetadas pelo desejo dos alunos, que

não é recente, e pode ser acompanhada na história do pensamento. Um livro que analisa profundamente o problema é N. Wiener, *Cibernética e sociedade: o uso de seres humanos*; São Paulo, SP: Cultrix, 1973.

²⁹⁹ Edgard Morin, *Os sete saberes necessários à educação do futuro*; São Paulo, SP: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2000. Morin aponta as limitações do conhecimento e o reducionismo do discurso científico, e reafirma a necessidade do reencontro da diversidade e complexidade humanas, através do ensinar a condição humana, a identidade terrena, a compreensão e a ética do gênero humano. Se é fundamental e sempre atual a sua crítica às patologias ideológicas como o neo-liberalismo e o "tudo financeiro" de uma certa globalização e do FMI (onde caberia uma crítica política); infelizmente, Morin está preso a uma visão reducionista das ciências físicas e sociais, amparada em perplexidades já superadas (que já foram "psicanalisadas" por Bachelard).

³⁰⁰ Ou, conforme a crítica da Escola de Frankfurt, a "racionalidade instrumental". Ver H. Marcuse, *A ideologia da sociedade industrial*; Rio de Janeiro, RJ: Zahar, 1979; ou T. W. Adorno e M. Horkheimer, *Dialética do esclarecimento*; Rio de Janeiro, RJ: Zahar, 1989.

acabam por sobrecarregar algumas unidades em relação a outras, de acordo com a moda ou com as mudanças do mercado de trabalho (ou, ao menos, com a percepção deste mercado pelos alunos). Para enfrentar estes problemas costumam ser usadas estruturas matriciais para a gestão, que exigem uma pesada negociação para a tomada de decisões. Estes escolhos são minorados se os professores são capazes de se adaptar continuamente às novas situações, porém esta reação pouco se coaduna com a realidade acadêmica.

Onde situar o interdisciplinar e o multidisciplinar na estrutura dos currículos? Como avaliar a qualidade de cursos cujo produto final pode ser extremamente variado? Como trazer a complexidade do real à formação do empreendedor & inovador, enfrentar a explosão dos saberes e técnicas, e alargar seus pontos de vista?

Não vemos outro caminho que trazer os problemas concretos à atividade de aprendizagem, fazendo os alunos trabalharem em equipes multidisciplinares, imersos em um ambiente realmente universitário – cosmopolita, crítico, informado da ciência, das técnicas e dos valores, aberto à diversidade e em contato com a sociedade. E, ao mesmo tempo, considerar o aluno-sujeito – que escolhe seu caminho e o negocia³⁰¹ com os outros atores, em meio às múltiplas possibilidades oferecidas. Este caminho passa pela desistência de fornecer ao aluno todos os conhecimentos que ele possa vir utilizar um dia, passa pela humildade em reconhecer que só o que podemos fazer é gerar uma atitude que leve o aluno a buscar os devidos conhecimentos à medida em que estes forem necessários e de acordo com o seu interesse – esse é o aluno-sujeito!

Nas próximas seções serão apresentadas e discutidas sumariamente algumas tentativas de abordagem destes problemas, todas construídas a partir do reconhecimento de que o super engenheiro, o "*problem solver*" universal, não existe, e que o resultado final da escola é um profissional encaminhado no seu trabalho de auto-formação. Isto é, um perfil de formação é uma idéia reguladora da atividade que dirige o aprendizado, que pretende gerar possibilidades e transformar o aluno em determinadas direções.

V.2. Disciplinas de projeto

Nesta seção serão estudados alguns exemplos de currículos tradicionais, montados sobre distribuições sequenciais de conteúdos, mas agregando disciplinas de projeto ou orientadas para a resolução de problemas, de forma a motivar os alunos, desenvolver determinadas atitudes e a integrar diferentes disciplinas. O primeiro exemplo será dado pelas experiências tentadas no curso de engenharia da PUC-Rio, em especial nas disciplinas de Introdução à Engenharia, Circuitos Elétricos, Projeto de Produto e Controles e Servomecanismos, e no curso de engenharia elétrica da UNISINOS, que serão comparadas às experiências *hands-on* no curso de engenharia da Maryland University. O segundo exemplo será o curso de engenharia de produção da UFRJ, onde "disciplinas com estágio" são utilizadas para complementar o currículo tradicional. O terceiro exemplo será o curso da École Centrale de Lyon, onde os estágios e os projetos são determinantes na formação do aluno, mas ainda não representam o eixo do currículo. Finalmente, atividades "extra-curriculares" serão consideradas, como a iniciação científica e tecnológica e a participação em desafios e concursos.

Historicamente falando, o primeiro destes exemplos foi a disciplina Projeto de Produto, já discutida na seção V.2. O professor Luiz Meirelles, atualmente na UFRJ, influenciado pelo curso de Design da PUC-Rio, organizou a disciplina a

³⁰¹ Negociar, aqui, implica em fazer e receber pressões políticas e econômico-administrativas. Melhor seria dizer "transação", tomando a acepção de uma negociação onde as partes transigem, isto, é fazem concessões recíprocas frente ao objetivo comum.

partir de um problema: registrar uma invenção no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Isto obriga o aluno a encontrar algo que o incomoda e que possa ser resolvido na forma de um produto passível de registro: o calo no dedo causado pela escrita manual, o torcicolo causado pelo uso do telefone celular enquanto realiza outras tarefas com a mão, o controle de consumo de combustível do automóvel, o aquecimento da marmitta no emprego, etc. O trabalho era organizado em grupos de dois ou três alunos, com um calendário preciso: datas para a apresentação (oral e escrita) da definição do problema a ser resolvido, do esboço inicial do produto com análise de seu nicho de mercado, do projeto e de um protótipo nos moldes exigidos pelo INPI, do resultado da primeira tentativa de registro no INPI (na prática, sempre mal sucedida), do resultado da consulta aos registros de patentes para analisar os concorrentes, do projeto final e seu protótipo e de seu registro no INPI. O calendário rígido mostrou-se essencial, ainda mais devido às dificuldades em acionar o INPI, apesar do forte contato do professor Meirelles com esta instituição.

A quantidade de trabalho era enorme. Os alunos eram completamente absorvidos pela atividade, principalmente a partir da metade do período escolar: no quarto andar da PUC-Rio só se falava do assunto. O uso do registro de patentes como defesa da propriedade industrial e como fonte de informação era descoberto pelos alunos, assim como as noções de produto e de nicho de mercado, e a sistemática de apresentação e argumentação de um projeto (frente ao INPI). Mais espetacular era o caráter formativo: os alunos percebiam serem capazes de inventar e inovar, no sentido de resolver problemas de utilidade dentro das limitações concretas das técnicas existentes e da história da tecnologia. A formação do caráter empreendedor passa pela auto-estima assim gerada, pela competência assim demonstrada e percebida, e pelas habilidades assim desenvolvidas. Mostrou-se muito importante uma discussão final levando à compreensão do processo de aprendizado em si, ilustrada pela apresentações dos protótipos construídos pelos grupos ao coletivo de alunos - mais uma vez a abstração reflexionante - de forma que o aluno, além de vivenciar uma experiência apaixonante, tome consciência de sua capacidade e do processo utilizado para solicitá-la e desenvolvê-la.

De um lado, a disciplina permaneceu isolada dentro do currículo tradicional, dependendo de forma crucial do professor que a ministra. Por outro lado, seria impossível aos alunos acompanharem duas ou mais disciplinas por período seguindo esta metodologia, devido ao tempo e ao esforço despendido. Os outros professores (o autor, inclusive) ressentiam-se deste fenômeno em suas disciplinas.

O mesmo tipo de questão apareceu quando da aplicação da metodologia no laboratório de Circuitos Elétricos, na PUC-Rio³⁰². Os alunos foram solicitados a projetar soluções para problemas industriais específicos e a construir protótipos, dentro de uma simulação de mercado, com concurso final diante de um júri formado por professores e representantes de empresas. O cronograma mostrou-se essencial para o bom aproveitamento dos alunos, o sistema de tutoria imprescindível. Uma enorme quantidade de trabalho foi gerada pelas tentativas abortadas por impossibilidades técnicas ou econômicas, e pela preparação do protótipo, levando a uma ocupação quase completa do tempo dos alunos. Os laboratórios, principalmente no final do período, foram utilizados mais de 18 horas por dia - o que muito exigiu da equipe que ministrava a disciplina. Os

³⁰² M. A. da Silveira, M. S. da Silva, M. R. de Freitas e C. R. Kelber, *Hand's-On Teaching and Entrepreneurship Formation: An Example on Electrical Circuits Courses, Proceedings of the ICEE98*, CDROM. Rio de Janeiro, RJ: CTC/PUC-Rio, 1998. Base de dados ERIC/CSMEE, registro ED/446/971 (eric@osu.edu). Ver <http://www.ctc.puc-rio.br/icee-98>

alunos alteraram o seu perfil³⁰³, tornando-se mais empreendedores, auto-confiantes e exigentes. A importância da apresentação, do domínio do discurso oral e escrito, da capacidade de argumentação e da auto-disciplina foi compreendida por todos.

Dois períodos após terem cursado Circuitos Elétricos, os alunos matriculavam-se em Controles e Servomecanismos, disciplina descrita em detalhe na seção V.4. Seu comentário é que seria inviável cursar as duas disciplinas no mesmo período com bom aproveitamento: excesso de trabalho, agravado pela realização de estágios.

Encontramos aqui o uso de disciplinas de projeto e ensino concorrente dentro de um currículo tradicional, mas sem uma organização curricular adaptada. Os benefícios são claros, mas ficam perdidos em meio a uma grande atividade (seqüencial) de domínio de discursos disciplinares. As lições aprendidas, embora importantes e formativas, não chegam a marcar de forma decisiva o aluno - embora desperte parte deles para a atitude empreendedora, marca dos alunos da PUC-Rio.

Um outro exemplo é a disciplina Introdução à Engenharia, no mesmo curso, onde 500 calouros realizam projetos em grupo, chegando a protótipos funcionais. O resultado, já comentado na seção V.2, levou à fixação da disciplina dentro da grade curricular, à sua abertura a alunos de escolas de segundo grau, à abertura da disciplina Introdução à Engenharia II. Um dos maiores ganhos é a apresentação da engenharia aos calouros, o que os motiva (e diminui a evasão) e ajuda-os a compreender a necessidade de estudar "ainda" mais matemática e física³⁰⁴. O truque didático consiste em perceber que projetos muito interessantes podem ser realizados por montagem de componentes prontos, vistos como "caixas pretas" (a serem estudadas na sequência do curso de engenharia). Assim, pode-se focar a atenção sobre o problema a ser resolvido e sobre as estratégias para fazê-lo, isto é, sobre o projeto (como invenção e inovação), sua implementação e sua avaliação. Finalmente, o caráter lúdico da disciplina, gerado pela competição entre equipes debruçadas sobre o mesmo problema, é prazerosamente vivido pela maior parte dos alunos.

Se podemos considerar demonstrado o interesse desta disciplina para a fixação e motivação do aluno, resta a questão da utilidade de uma disciplina sem conteúdo fixo para a formação do engenheiro. Será mera diversão, uma perda de tempo? Esta questão não chegou a ser profundamente discutida, dado que a disciplina é oferecida em um período onde a maior preocupação dos alunos é sua adaptação à universidade - o que a disciplina, claramente, ajuda.

Contrapondo-se a estas disciplinas, podemos citar as disciplinas *hands-on* da Universidade de Maryland³⁰⁵. Na primeira delas os alunos (já no ciclo profissional) enfrentam um problema de engenharia inversa e de melhora incremental de um equipamento. Usando a proximidade de uma fábrica da Black&Decker, discute-se o funcionamento de uma furadeira elétrica, a análise de seu desempenho e suas peças, e a busca de melhora de um componente problemático. O estudo é feito com a ajuda de engenheiros da firma citada, e realizado sobre um modelo antigo de furadeira - o componente problemático já tendo sido trocado nos modelos mais recentes. No final, as soluções apresentadas pelos alunos são comparadas com as soluções industriais recentes.

Na segunda disciplina aborda-se o projeto completo da furadeira, estudando-o por partes na lógica de seu desenvolvimento. Só em uma terceira

³⁰³ M. A. da Silveira, C. T. C. da Silva, Hands-On Courses Changes Students, *Proceedings of the ICEE99, Ostrava*, CDROM, Rep. Tcheca: Technical University of Ostrava, 1999. Ver <http://fs.vsb.cz/akce/1999/icee99/welcome/htm>.

³⁰⁴ M. A. da Silveira, T. Costa, L. C. Scavarda do Carmo, J. A. R. Parise, A Hand's-On Course for 500 Students: "Introduction to Engineering" in PUC-Rio, *Proceedings of the ICEE98*, CDROM, Rio de Janeiro, agosto de 1998. Ver <http://www.ctc.puc-rio.br/icee-98>.

³⁰⁵ T. Regan, Introduction to Engineering Design at Maryland - a Major Engineering Education Process Improvement, *Proceedings of the ICEE97*, Vol. II, pp. 621-631. Carbondale, Illinois: Southern Illinois University, 1997.

disciplina projetos de engenharia são encarados *ab initio*, do problema que o motiva à proposição de soluções - embora sejam projetos muito simples, reduzidos ao achado técnico.

O caminho percorrido nesta sequência aproxima as disciplinas *hands-on* das disciplinas sequenciais, adaptando pouco a pouco o aluno ao ambiente industrial, sem enormes acréscimos de trabalho ou choques "formativos". Bem diferente do choque causado pelas proposições de Projeto de Produto e de Introdução à Engenharia, descrita acima. Assim, é muito mais fácil introduzir estas disciplinas *hands-on* no currículo tradicional, a grande questão passando a ser quais disciplinas eliminar (Mecânica dos Fluidos, Cálculo IV, Administração?) para dar espaço às novas disciplinas. A celeuma gerada no corpo docente foi grande, pois as novas disciplinas não possuem um conteúdo determinado, estando dirigidas essencialmente para a formação de atitudes e para o desenvolvimento de competências nada discursivas, sequer avaliáveis por testes convencionais com tempo controlado. De certa forma, a metodologia didática usada em Maryland busca formar um engenheiro inovador sem instaurar um ambiente empreendedor. O que é contraditório - teríamos um inovador puramente técnico, sem motivações externas ao seu fazer imediato.

Um caminho parecido, gerando reações semelhantes por parte do corpo docente tradicional ("Será perda de tempo? Há tanto o que aprender para ser um bom engenheiro!"), é seguido pelas disciplinas de Empreendedorismo, na PUC-Rio, que podem ser adicionadas ao currículo do aluno como eletivas. A primeira destas disciplinas procura estimular as características psicológicas do empreendedor, através de técnicas desenvolvidas nos cursos de teatro; a segunda é um jogo de negócios buscando simular a dinâmica do mercado e desenvolver a atitude empreendedora. Só depois o aluno cursa disciplinas mais convencionais, como Plano de Negócios.

Menos polêmica porém muito trabalhosa, foi a opção do curso de Engenharia de Produção da UFRJ: introduzir uma disciplina com "estágio" por período. Nelas, os alunos fazem trabalhos que os obrigam a visitar empresas, descobrir e analisar postos de trabalhos, fazer pesquisas sobre metodologias fabris *in loco*, ou desenvolvem produtos como descrito para Projeto de Produto. Em suma, tomam contato direto com o mundo onde pretendem trabalhar, e daí retiram a informação (e a motivação) para seu aprendizado. A tarefa é facilitada pelo assunto das disciplinas: a partir do primeiro período do curso, Introdução à Engenharia de Produção, Metodologia de Pesquisa, Engenharia de Métodos, Engenharia do Trabalho, Projeto de Produto, Organização e Avaliação do Trabalho, etc. Com esta organização foi possível resolver o problema de excesso de trabalho por período sem entrar em choque com a estrutura curricular habitual.

O resultado pode ser medido pelo autor ao visitar os alunos de engenharia brasileiros fazendo intercâmbio estudantil na França, em 2003. Os alunos da UFRJ saídos deste sistema podiam ser reconhecidos pela clareza de objetivos e pela visão de conjunto da profissão - donde maturidade - em relação a seus colegas de curso, embora estivessem apenas no início de seu terceiro ano de formação.

Uma solução mais integrada e resolvendo esta questão, porém exigindo espírito de equipe dos professores, está sendo aplicada na UNISINOS, em torno das disciplinas Sistemas Lineares II e Sistemas Não-Lineares. Teoria e laboratório são desenvolvidos a partir de um projeto em equipe (com competição entre equipes), como o controle de aeromodelos, construção de um atuador chaveado, controle de direção de balão dirigível, etc.³⁰⁶. Aperfeiçoando a metodologia, foram organizados alguns projetos maiores - na área de controle - compostos de sub-projetos realizados em diferentes disciplinas, como Eletrônica de Potência, Instrumentação, Eletrônica Digital & Microcomputadores. Exemplos são o projeto

³⁰⁶ Ver descrição e fotos em www.unisinios.br, Centro de Ciências Exatas e da Tecnologia, Veículos Autônomos.

Rally (pequenos veículos autônomos projetados e construídos pelos alunos, devendo seguir uma trajetória pré-determinada) e o projeto OFNI (Objetos Flutuantes Não Identificados, muito originais, devendo seguir uma trajetória pré-determinada no lago da UNISINOS). O projeto completo é discutido pelos professores das diferentes disciplinas e a nota é avaliada em conjunto. Como defende o professor Christian Kelber: "Fazer um atuador chaveado para Eletrônica de Potência é mais interessante se dentro do contexto do desenvolvimento de um atuador que direcionará um carrinho autônomo." O problema de engenharia, para ser bem motivado (isto é, contextualizado), precisa cruzar transversalmente várias disciplinas.

A solução da UNISINOS resolve, em parte, o problema do excesso de trabalho ao longo de um mesmo período. O projeto completo funciona como experimento integrador das diversas disciplinas, apresentadas a partir das exigências do projeto³⁰⁷.

Claro, cada escola citada acima imprime um temperamento próprio a seus alunos: os alunos da UNISINOS são mais técnicos (exigência do seu ambiente industrial e social), os da PUC-Rio mais voltados para a aventura intelectual e para a atitude empreendedora, etc. Todas estas escolas utilizam sua abertura para a indústria local, quer para permitir os "estágios" na UFRJ, quer para o apoio aos projetos na UNISINOS e na PUC-Rio, quer para a definição e fornecimento do material, em Maryland. E foram obrigadas a criar sistemas de organização internos para gerar, organizar e gerenciar estes contatos. Porém a lógica da organização curricular é manter um currículo tradicional, organizado pela ordem das "matérias" a serem ensinadas, e gerar projetos dentro de disciplinas individuais ou grupos de disciplinas, sem grandes alterações. Estas iniciativas são complementadas pelo Projeto de Graduação (ou Trabalho de Fim de Curso, TFC), pelo Estágio Supervisionado, e atividades "extra-curriculares" ou "complementares", como a participação em desafios (projeto e construção de um veículo mini-baja ou de um aeroplano telecomandado, propostos pela SAE, por exemplo), a Empresa Júnior ou a Iniciação Científica e Tecnológica.

Uma tentativa de situar organicamente disciplinas de projeto no currículo de um curso de engenharia, embora ainda como atividades auxiliares, pode ser encontrada nas Écoles Centrales de Lyon, Nantes e Paris. Analisaremos rapidamente o currículo da primeira. Porém, é importante não esquecer que os alunos destas escolas saíram de ao menos dois anos de estudos formais e tradicionais (ciências básicas) nas *classes préparatoires*, seguidos de um exame de entrada para as Écoles Centrales altamente seletivo. Cursam na escola apenas os três anos finais. Isto é, há uma grande liberdade pedagógica, pois, como o autor ouviu várias vezes, "nosso aluno é tão selecionado e já estudou tanto, que basta nos preocuparmos com a formação de sua atitude profissional" e exigir algumas disciplinas informativas extras.

A definição do perfil de formação da EC-Lyon é explicitada em seu *site* por:

- "saber, e imaginar o mundo" – um quadro de formação científica;
- competências: "empreender, humanismo, gestão, pesquisa & inovação, autonomia e trabalho em equipe"³⁰⁸;
- engenheiro generalista,
- aptidões mais desenvolvidas: "pesquisa, finança e gestão".

Notar que a enquete da revista Capital, já citada na seção II.3, associava a EC-Lyon ao desenvolvimento de aptidão para finanças e gestão e para a produção.

A sequência curricular da Centrale Lyon³⁰⁹ pode ser descrita por:

³⁰⁷ O professor Christian Kelber assinala que "nunca usam *kits* didáticos, pois eles não permitem o aluno 'sentir e aprender com as mãos' os problemas que ocorrem no mundo real."

³⁰⁸ A forma verbal é característica do discurso da EC-Lille, que define o aluno como um ator, isto é, como alguém que age.

³⁰⁹ Consultar www.ec-lyon.fr.

- Primeiro ano, com seis unidades de ensino (uma delas sobre ciências econômicas e sociais), línguas, complementos, e um estágio na indústria, nas férias, onde ocupam um posto de trabalho³¹⁰.
- Segundo ano, com seis unidades de ensino, línguas, complementos de formação (cultura geral, educação física e esporte), um projeto de estudo (desenvolvido em um dos laboratórios de pesquisa da escola, em geral sob contrato com alguma empresa), e um estágio de "aplicação" nas férias, junto a uma empresa.
- Terceiro ano, com dois trimestres em formação "capitalizando saberes, *savoir-faire* e saber ser"³¹¹, incluindo formação em um setor industrial (isto é, uma leve especialização), formação em três campos outros que o de opção (evitando especialização excessiva), formação humanística, línguas; e um estágio como engenheiro em empresa, realizando um projeto completo, durante 3 a 5 meses (TFC).

Observar que as férias são ocupadas por estágios, que o TFC corresponde a um estágio que ocupa integralmente da quarta parte à metade do tempo de estudo do último ano, e que os estágios são estruturados: os três estágios são descritos como "estágio/operário", "estágio de aplicação" e "estágio/engenheiro", respectivamente. Além disso há o projeto de estudo, realizado ao longo do segundo ano, previsto como atividade curricular, ocupando parte importante do tempo de formação.

A descrição deste projeto é "um problema advindo da atividade de uma empresa ou de laboratório de pesquisa, e que deve necessariamente comportar uma dimensão científica, técnica ou tecnológica relacionada com os domínios de competência da escola"³¹². Isto é, não difere, essencialmente, de uma Iniciação Científica ou Tecnológica, mas computado dentro da grade curricular normal e obrigatória.

É instrutiva a lista de seus objetivos: "a confrontação a um problema complexo sem solução única; a condução de um projeto em equipe, a pesquisa de competências e informações; a utilização de meios; a obtenção de resultados sem, no entanto, a obrigação do sucesso, considerando o caráter formador da atividade; o domínio da comunicação escrita e oral". Ainda: "os objetivos fixados provocam a autonomia e uma forte mobilização dos alunos, acionadores do projeto, em estreita relação com" as equipes de ensino e com o parceiro (empresa, laboratório).

O problema do desenvolvimento da autonomia dos alunos reaparece em todas essas escolas alimentadas por alunos treinados para responder provas muito difíceis, mas sempre conduzidos pelas famílias e pelo sistema educacional³¹³. Na EC-Nantes, a "autonomia" constitui o eixo de toda uma pedagogia (aparece em todas as listas de objetivos de atividades, por exemplo). Os alunos brasileiros que o autor lá entrevistou são especialmente bem sucedidos neste item. Notar que a autonomia é uma das características essenciais do empreendedor, sendo alimentada pelo sistema de "estágios" da UFRJ, pela participação na Empresa Júnior ou no Instituto Gênesis (caso PUC-Rio), e pela realidade da vida acadêmica nas universidades de pesquisa brasileiras.

O currículo da EC-Lyon foi montado a partir de sua lista de competências e valores (no que difere dos currículos brasileiros). Daí ter sido reservado um tempo apreciável para projetos e estágios – computado curricularmente, diminuindo assim o tempo reservado às disciplinas formais, isto é, diminuindo o volume de conteúdo fornecido aos alunos. Um ato de coragem em relação às exigências dos professores e pesquisadores, sempre ávidos de promulgar a importância fundamental de seus temas preferidos. Coragem esta auxiliada pelo

³¹⁰ Um aluno brasileiro comentou, quando o entrevistamos em 2003, que tinha se sentido um operário.

³¹¹ Cf. o programa da EC-Lyon.

³¹² *Ibid.*

³¹³ São os chamados "bête à concours".

controle acadêmico efetivo dos estágios e projetos, com forte participação dos laboratórios de pesquisa da escola, estes interligados à indústria local. Um funcionamento eficiente neste ponto exige uma central de estágios e projetos bem estruturada (pedagogicamente e organizacionalmente) e muito bem relacionada com as empresas das mais diversas áreas.

Outras atividades extra-curriculares muito incentivadas nestas escolas são a organização do Forum anual pelos alunos (mostra universitária onde empresas buscam estagiários), encontros com industriais e/ou membros do governo³¹⁴ e a participação em missões em países pobres (Cambodja e países africanos) para prestar ajuda médica e tecnológica³¹⁵.

Muitas escolas brasileiras já possuem o hábito de oferecer atividades "extra-curriculares", isto é, não previstas no currículo obrigatório, recentemente exigidas pela lei sob o nome de "atividades complementares". São obrigatórios os estágios supervisionados e os trabalhos (ou projetos) de fim de curso, e recomendados, mas opcionais, os projetos de iniciação científica ou tecnológica, e a participação em desafios e concursos, como os providos pela SAE (mini-baja, projeto de aeroplano) ou guerra e futebol de robôs). Estas atividades, à medida que se generalizam, exigem a criação de coordenações universitárias especialmente dedicadas; porém ainda baseiam-se no interesse e no trabalho individual de professores. Basta ver a relutância em conceder um bom número de créditos aos estágios e trabalhos de fim de curso que encontramos em boa parte dos currículos brasileiros, o que mostra existir dúvida sobre a sua relevância acadêmica³¹⁶.

V.3. Currículos em torno de projetos

Nesta seção serão estudados dois currículos tendo por eixo projetos ou disciplinas de projetos: os cursos de Design e de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Rio, e o curso de engenharia da École Centrale de Lille. Todos foram organizados a partir de listas de competências, privilegiando a formação em relação ao volume de conteúdo fornecido aos alunos.

O curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Rio, organizado entre os Departamentos de Engenharia Civil (CTC) e o de Artes e Design (CCS), define o perfil de formação de seus alunos (em seu projeto pedagógico) por:

"... profissionais capazes de elaborar propostas que satisfaçam às necessidades de indivíduos, da comunidade e do meio ambiente.

O repertório de capacidades e habilidades a serem desenvolvidas são:

- *Consciência da responsabilidade social com sólido embasamento moral e ético.*
- *Conhecimento para avaliar as conseqüências ambientais, econômicas e sociais decorrentes de sua atuação profissional com vistas à valorização e à preservação da arquitetura, do urbanismo e da paisagem como patrimônio e responsabilidade coletiva.*
- *Capacidade para integrar, com método, fatores sociais e estéticos à qualidade e harmonia do ambiente construído.*
- *Habilidade para conceber e concretizar projetos que considerem a utilização racional dos recursos disponíveis, a legislação pertinente e, entre outros aspectos, a acessibilidade dos usuários.*
- *Capacidade de síntese ao integrar conhecimentos interdisciplinares.*

³¹⁴ O "café da manhã com o ministro das finanças" é tradição na EC-Paris.

³¹⁵ Atividade inaugurada no Brasil pelo antigo Projeto Rondon, e estruturada como estágio na UFMG em relação à populações do vale do Jequitinhonha.

³¹⁶ Apesar de tentativas isoladas, com pouco sucesso, como o semestre dedicado à realização de estágios na indústria em tempo integral. Um exemplo desta tentativa pode ser visto no currículo da engenharia mecânica da PUC-Rio.

- *Habilidade de adaptação a novas situações e de absorção de novas tecnologias e materiais.*
- *Preparo para exercer a cidadania plena com consciência histórica de seu papel.*

O arquiteto urbanista deve ter consciência de que é um agente de transformação que respeita aspectos antropológicos, sociológicos e econômicos relevantes ao equilíbrio ecológico e ao desenvolvimento sustentável do ambiente natural e construído. Para tanto, o arquiteto urbanista precisa conhecer e compreender a interdependência entre materiais de construção, composição da luz, concepção das formas, impacto ambiental, além de teoria e história das artes, da estética, da arquitetura, do urbanismo e do paisagismo."³¹⁷

Completando esta lista, há um certo número de "requisitos" que se encaixam melhor na definição de competência que utilizamos³¹⁸, criados a partir dos tipos de problemas a serem tratados pelo futuro profissional:

"A formação do arquiteto urbanista está intimamente ligada

- *à aquisição e interpretação do repertório cultural, social e histórico de seu objeto de intervenção;*
- *ao levantamento e ao diagnóstico do espaço em que será feita a intervenção, tanto do ponto de vista funcional quanto simbólico;*
- *à aplicação prática de conhecimentos técnico-científicos e artísticos ao objeto de intervenção;*
- *ao desenvolvimento de estudos preliminares e anteprojetos, com propostas de solução;*
- *à transformação das soluções selecionadas em projeto definitivo, por meio de memoriais descritivos e desenhos técnicos completos;*
- *à gestão e à implantação do projeto."*

A partir destas listas foi formulada uma estrutura curricular completamente centrada em atividades de projeto, como explicado no texto do projeto pedagógico:

"Na grade curricular proposta, os campos de atividade estão distribuídos nos seguintes projetos:

- *Projeto Espontâneo de Habitações;*
- *Projeto do Espaço Residencial I;*
- *Projeto do Espaço Coletivo;*
- *Projeto do Espaço do Trabalho;*
- *Projeto de Revitalização e Reutilização;*
- *Desenho Urbano;*
- *Projeto da Arquitetura Utópica;*
- *Projeto do Espaço Residencial II;*
- *Projeto Final.*

Além dos Projetos listados, foi concebida uma disciplina (Proposta do Projeto Final) que tem por objetivo a escolha do tema, a demonstração da viabilidade do Projeto Final dentro do período previsto, a escolha a banca examinadora, etc. O Projeto Final, que pelas diretrizes curriculares de 1998 do MEC é obrigatório e individual, pode abordar temas livres de Arquitetura e/ou Urbanismo"³¹⁹. Aliás, pelas diretrizes nacionais, só o Projeto Final é obrigatório, e deve ser individual – não há menção de trabalho em equipe nesta legislação.

³¹⁷ Projeto pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo. Rio de Janeiro, RJ: PUC-Rio, 2002.

³¹⁸ A lista de "competências" acima reúne valores, atitudes e algumas competências. Os "requisitos" são as competências como definidas no capítulo 2, relacionadas à atividade profissional e exigindo a articulação de saberes, habilidades (*savoirs-faire*) e atitudes. O grupo que organizou o projeto pedagógico sentiu a necessidade de explicitá-los para poder passar a um currículo bem definido, no lugar da lista inicial, mais conforme o conteúdo dos "objetivos" habituais em projetos pedagógicos brasileiros.

³¹⁹ Projeto pedagógico do Curso de Arquitetura e Urbanismo. Rio de Janeiro, RJ: PUC-Rio, 2002.

Na grade curricular aparecem as disciplinas correspondendo aos diversos projetos, período a período. O projeto pedagógico citado mostra como os conteúdos habituais estão imersos nos projetos e deles dependentes:

"Os projetos compreendem diversas disciplinas que envolvem Conteúdos Básicos. A carga horária de cada Conteúdo Básico foi definida em função dos objetivos do Projeto e as aulas serão ministradas sob forma teórica e/ou prática, ou ainda através de palestras e visitas. ... Ao todo são 24 (vinte e quatro) as áreas de Conteúdo Básico no Programa de Projetos: Representação (gráfica e textual), Legislação, Urbanismo, Mercado Imobiliário, Paisagismo, Topografia, Conforto Ambiental, Acústica, Teoria/História, Sistemas Estruturais, Instalações, Iluminação, Tecnologias Alternativas, Criatividade no Projeto, Questões Sociais, Questões Ambientais, Ergonomia, Materiais de Construção, Técnicas Construtivas, Mobiliário e Equipamentos, Design de Interiores, Biônica, Orçamentação, Produção de Textos e Planejamento e Desenvolvimento de Projetos, que funcionará como elo de ligação entre as demais áreas. ... O Anexo III [do Projeto Pedagógico] mostra a programação semanal dos Conteúdos dentro dos nove temas de Projeto. Cada Projeto terá variações necessárias e interessantes quanto ao momento e quantidade de horas de aula. A idéia é criar ritmos, dinâmicos e alternados, de momentos de criação e/ou concepção com os de absorção de conhecimentos específicos de cada Projeto. ... Os alunos receberão, portanto, informações de diversas áreas e terão que compatibilizar e priorizar as decisões de projeto. É fundamental aqui evidenciar a intenção de fazer o aluno entender os múltiplos aspectos existentes, muitas vezes conflitantes, na elaboração de um projeto e, com isso, desenvolver capacidade de síntese e de decisão. ... A supervisão do Programa de Projetos é um ponto fundamental desta proposta ...".

A partir deste ponto o Projeto Pedagógico começa a estruturar a coordenação de projetos a ser encarregada de organizá-los e acompanhá-los pedagogicamente. Para isso foi criado um cargo novo na universidade, o de coordenador de projetos, com tempo alocado mas sem atividade em sala de aula. Até a presente data, o curso parece correr sem problemas, embora ainda não tenha formado sua primeira turma, não havendo ainda uma avaliação do mercado de trabalho. A coordenação do curso assinala a maior carga de trabalho gerada por essa estrutura.

O curso de engenharia da École Centrale de Lille, cujos objetivos, valores e lista de competências já foram apreciados na seção II.5, não chega a ser tão inovador quanto o de curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Rio. Porém, a partir da lista de competências, seus organizadores concluíram que deveria ser organizado em torno da "atividade projeto".

Apresentamos a seguir os princípios pedagógicos da EC-Lille³²⁰:

- ⇒ Experimentar para compreender: privilegiar uma pedagogia ativa e indutiva;
- ⇒ Situar o enquadramento teórico de cada tema;
- ⇒ Ser o motor de sua formação: o aluno deve fazer escolhas entre as diversas possibilidades que lhe são propostas;
- ⇒ Desenvolver a capacidade de trabalhar em equipe;
- ⇒ Conhecer a vida na empresa e compreender a complexidade para agir com eficácia;
- ⇒ Conhecer-se a si mesmo para assumir suas responsabilidades profissionais;
- ⇒ Abrir-se ao campo da cultura e desenvolver uma reflexão sobre o que está em jogo no mundo atual;
- ⇒ Produzir estes efeitos através da alternância de situações vivenciais, como módulos de ensino, projetos em equipe, estágios, atividades culturais, enquetes, etc.

Estes princípios pedagógicos levam a uma estruturação delicada do tempo do aprendizado, controlada por atividades distribuídas ao longo do ano letivo (e

³²⁰ Citamos aqui um texto do Prof. Obertelli, da EC-Paris, apresentado no Forum da EC-Paris em setembro de 2003.

não por uma grade uniforme) e regulada ao longo do tempo pelo diretor de ensino, que busca articular o trabalho dos diferentes professores com o tempo do projeto.

Os dois primeiros anos correspondem ao tronco comum de uma escola generalista, dividido em quatro tipos de atividades:

1. Núcleo duro, com 1200 horas de trabalho, contendo aulas teóricas, aulas em laboratório, aulas de exercícios e trabalhos (individuais ou em grupo) em mecânica, materiais, eletrônica, automação, informática, matemática, gestão, estratégia, comunicação, liderança, teoria das organizações, línguas.
2. Núcleo flexível, com 200 horas de trabalho, onde o aluno escolhe disciplinas ou atividades dentro de uma lista fornecida pela escola ou pela vizinha École Supérieure de Commerce de Lille (ESC-Lille).
3. Projeto, com 300 horas de atividade. Um projeto único, em equipe, realizado ao longo dos dois anos, sobre o qual nos debruçaremos abaixo. Este é considerado o "motor da formação", "tendo por finalidade formar nossos alunos às competências de base do engenheiro generalista: capacidades de conceber, concretizar, inovar, liderar, formar, organizar, comunicar e empreender"³²¹.
4. Dois estágios em empresas, totalizando ao menos quatro meses.

A atividade projeto é pluridisciplinar, com interesse científico e tecnológico, respondendo às expectativas de um "parceiro cliente" em uma empresa ou em um laboratório de pesquisa. Os laboratórios de pesquisa da EC-Lille, freqüentemente, estabelecem a interface entre a equipe de alunos e o cliente, dentro de um projeto de desenvolvimento de maior alento contratado pela empresa com a EC-Lille. Os projetos consideram do estudo das necessidades do cliente e, eventualmente, do mercado, às especificações técnicas (*cahier de charges*), chegando à concepção e à realização de protótipos e sua entrega ao cliente. Podem abranger, inclusive, estudos de marketing (em projeto conjunto com a ESC-Lille).

Os parceiros do projeto são: a empresa parceira (o cliente, que escolhe um seu representante), um organismo de financiamento (uma subvenção eventual, quase sempre na forma de incentivo fiscal), os professores da escola (direção e consultoria científica, tutoria e acompanhamento, havendo um coordenador por projeto), equipe de alunos da EC-Lille (concepção, realização e gestão do projeto), equipe de alunos da ESC-Lille (se necessário realizar estudos de marketing). O conjunto de parceiros externos às equipes de alunos acompanham continuamente o projeto, com reuniões periódicas. As atividades citadas exigem uma organização precisa, com calendário imposto pela escola, dado que são realizadas por alunos³²²:

- ❖ No primeiro ano:
 - Escolha do projeto, em uma "bolsa de projetos" organizada pelo Escritório de Projetos da EC-Lille.
 - Estudos de viabilidade técnica e econômica.
 - Montagem do projeto (escolha de soluções, planejamento e estudos de marketing).
 - Concepção (estudos e primeiros ensaios).
 - Apresentação pública e defesa (intermediária) do projeto.
- ❖ No segundo ano:
 - Estudo dos riscos (humanos, técnicos, econômicos, ambientais, considerações legais e normativas, etc.).

³²¹ Folheto "Activité projet", distribuído pela EC-Lille para os candidatos a seu exame de admissão e para as empresas que procuram interessar em participar de projetos e atrair como parceiros/clientes da escola.

³²² Ou "alunos-engenheiros", como preferem dizer.

- Concepção detalhada (técnica e econômica, produto e processo de fabricação).
- Realização (testes, validação, entrega ao cliente).
- Realimentação da experiência a partir do cliente (não é imperativo que o cliente aprove o resultado ou venha a usar - os alunos não são ainda profissionais estabelecidos, estão em aprendizado).
- Apresentação pública e defesa final do projeto.

As disciplinas tradicionais são organizadas, em parte, em função do tempo do projeto, motivadas por este e de forma a auxiliar a sua execução. Assim, Gerência de Projetos é ministrada no primeiro ano, quando os estudos de viabilidade aparecem. No Apêndice a este capítulo são descritas as fichas de avaliação da "atividade projeto" a serem preenchidas pelo júri, e os critérios utilizados para a sua certificação. Esta ocorre se a atividade for considerada válida para a obtenção do diploma de *ingénieur*, mesmo no caso do projeto não ser bem sucedido. Isto é, o projeto em si não se confunde com a atividade pedagógica "projeto" necessária à formação, mesmo que esta distinção sutil não seja percebida pelos alunos.

Entrevistando os alunos brasileiros estudando na EC-Lille, pudemos observar, quase ao fim do primeiro ano, uma certa incompreensão da atividade. Achavam que havia um excesso de preparação, um discurso conceitual excessivo, queriam por as mãos na massa. Isto é, não tinham ainda consciência da existência de riscos (econômicos, técnicos, legais, etc.) envolvidos em trabalhos de engenharia e de que a essência do trabalho - ao contrário do que pensam os engenheiros-cientistas, é a análise do contexto, das necessidades e das possibilidades, para, enfim, chegar à especificação.

Talvez falte aos alunos alguma experiência prévia, como um projeto de "introdução à engenharia" com competição entre equipes, para que percebam a diversidade de soluções e que seu sucesso é sempre relativo aos interesses dos clientes, do mercado e da sociedade. Outra idéia nesta direção é criar uma disciplina de estudo de casos (bem sucedidos e mal sucedidos), mostrando as conseqüências de soluções simples mas bem adaptadas às necessidades, e a possibilidade de escolhas racionais (porém mal adaptadas) gerar riscos e perigos. Os alunos do segundo ano, já na etapa de construir protótipos, haviam compreendido o jogo a que foram expostos.

O terceiro ano do curso da EC-Lille é dedicado à especialização e à profissionalização, podendo ser cursado em outra escola na França, ou dar espaço a um programa de duplo diploma no exterior (o que, normalmente, faz o curso durar um ano a mais). Mais de 25% dos alunos estudam no exterior, e outros 60% realizam ao menos algum estágio no exterior da França³²³. Os alunos que ficam em Lille são expostos a:

- 435 horas de estudos especializados em engenharia, seguindo sua divisão disciplinar (materiais, energia, engenharia dos sistemas de produção, engenharia das organizações, etc.);
- 180 horas de estudos dedicados aos domínios de atividade (empreendedorismo, gestão e auditoria, urbanismo e ambiente, concepção, produção industrial, logística, pesquisa);
- 135 horas de atividades transversais ("conjunto de aprendizados considerados de interesse geral, como qualidade, economia, recursos humanos, línguas; com abertura para os problemas de ética, para os valores sociais e à inserção do engenheiro como cidadão"³²⁴), organizadas em módulos;

³²³ O que não é difícil, Lille estando a poucos quilômetros da fronteira belga... e sendo cognominada de "ponto de encontro da Europa".

³²⁴ Catálogo da EC-Lille, 2002, p. 165.

- 150 horas em atividades de "impacto" (um projeto pessoal ligado ao seu interesse profissional, considerando a especialidade e o domínio de atividade escolhidos, sob a tutoria de professores, buscando responsabilizar o aluno por seu futuro profissional)³²⁵;
- um estágio final em empresa ou laboratório de pesquisa, de três a cinco meses de duração, sob tutoria, o aluno elaborando um relatório final a ser oralmente defendido diante de um júri, que o critica para o crescimento do aluno-engenheiro).

O sistema de estágios em empresa não difere do que é realizado nas escolas alemãs, considerando aqui o *Studien Arbeit* e o *Diplom Arbeit*. O relatório do estágio final corresponde à "tese de diploma" alemã. A "atividade projeto", em torno da qual o curso foi organizado, constitui a grande originalidade da EC-Lille. Se bem que os alunos continuam expostos a um número considerável de horas de aula e de testes, especialmente no primeiro ano³²⁶.

Os alunos brasileiros entrevistados em 2003 se perguntavam sobre a real utilidade de comparecimento às aulas teóricas, dado que as provas versam sobre um conteúdo exposto em bibliografia pré-especificada, excedendo em muito o que é apresentado em classe. Disseram preferir estudar por conta própria, em grupo. Assinalaram que o comparecimento dos alunos franceses não é grande, embora alguns professores (mas poucos) realmente esclareçam o caminho do que deve ser estudado, sem tentar apresentar o conteúdo todo de forma discursiva. Professores sempre querem falar de tudo que lhes interessa, e aproveitam o público cativo, obrigado a comparecer pelas circunstâncias. Porém, não havendo lista de chamada, o comparecimento deixa de ser obrigatório, e o aluno pode assumir uma atitude mais pragmática - comparecendo apenas se vê vantagem.

Para por em prática este currículo foi necessário um relacionamento profundo com o mundo empresarial, a indústria local e nacional, e o mercado de trabalho. O que é facilitado pelo fato de que a quase totalidade dos professores coordena projetos de pesquisa e projetos de desenvolvimento para a indústria, ou estão encarregados da organização do curso (administração, tutoria e enquadramento dos demais professores)³²⁷. Além disso foram criadas estruturas dedicadas ao contato com empresas (atração de empresas para parcerias e gerenciamento de estágios e projetos), ocupadas por membros do "staff" (e não por professores). As estruturas pedagógicas e acadêmicas (Direção de Ensino, por exemplo) são ocupadas por professores.

Resta uma pergunta: Como esta estrutura orientada por projetos chegou a ser programada, instalada, e posta a funcionar? A resposta do Prof. Deshayes³²⁸ é cheia de nuances. Primeiro, comentou que o relacionamento da EC-Lille com as empresas sempre foi muito forte, mas sem que os professores horistas (que também trabalham em empresas) tenham grande importância decisória. Nos

³²⁵ A École Centrale de Paris vem de por em prática atividades deste tipo, usando uma matriz Especialidades (*options*) x Domínios de atividade (*filières*), onde cada aluno deve escolher um elemento.

³²⁶ E isso apesar da EC-Lille participar da importante (na França) *Conférence des Grandes Écoles*, que se define por uma lista de 10 objetivos, entre os quais o de diminuir o número de horas de aula expositivas.

³²⁷ Encontramos as três classes de professores-pesquisadores. De fato, salvo no caso dos que se dedicam à administração escolar de alto nível, todo professor exerce ao menos duas das três atividades consideradas, com a possível exceção dos pesquisadores científicos financiados diretamente via CNRS. O equilíbrio - para o bem da escola - dos interesses dos professores é atingido via pressões de financiamento. Disse-me o Prof. Borne, eminente figura acadêmica participando da direção do IEEE e dedicado essencialmente à pós-graduação, que, para financiar a datilógrafa e o desenhista necessários para escrever suas obras, foi obrigado a participar de projetos com empresas - com o que muito aprendeu, confessa. O CNRS financia salários (alguns poucos pesquisadores), bolsas, viagens, congressos, equipamentos, mas limita o apoio geral a grupos de pesquisa científica básica ou a temas que considere importantes para o desenvolvimento do país, conforme uma política estabelecida pelo estado francês.

³²⁸ Então adjunto da direção da EC-Lille e principal criador do sistema.

conselhos consultivos (acadêmicos e administrativos) há uma boa representação do setor industrial, centrada nas empresas que costumam absorver os egressos da escola e nas empresas parceiras - o que traz os professores à realidade do mercado de trabalho. Os professores - mesmos os mais dedicados às ciências básicas - sabem que, se não levarem em consideração a opinião do mercado de trabalho, o renome da escola cairá, e os projetos financiadores, assim como o apoio governamental, diminuirá.

A seguir, explicou que propôs aos professores sugerir as competências e os conhecimentos essenciais para um bom engenheiro. O assunto foi discutido ao longo de dois anos, havendo tentativas localizadas de implementação. As competências assinaladas tendiam a ser muito específicas, e seu conjunto era inexequível: um "super-engenheiro", sem perfil determinado, especialista em muitos assuntos diferentes. O conjunto de conhecimentos definido pelo colegiado era absurdamente grande, o que levou à implosão do processo - situação que foi explorada politicamente pela direção da EC-Lille. Assim, os professores aceitaram partir para um outro caminho: o do aprendizado a partir de projetos - que já vinha sendo experimentado por alguns deles desde 1982. O sistema vem sendo aprimorado aos poucos, e o corpo de professores vem se convencendo pouco a pouco de sua adequação. O mercado de trabalho³²⁹ tem se mostrado entusiasta com esta nova orientação.

O Prof. Deshayes assinala que a tarefa foi facilitada pelo pequeno tamanho da escola, por sua grande dependência do contato com o setor industrial, pelo financiamento salarial de fonte governamental³³⁰, e pela política de levar uma situação ao extremo e deixá-la implodir - para só então trazer sugestões, que já estavam sendo testadas em "casos exemplares".

Como comentários finais, acrescentamos que o conteúdo tende a ser apresentado aos alunos "*à la carte*", sem a estrita necessidade de aulas expositivas (as *lectures* anglo-saxônicas); e que o sistema de avaliação dos alunos torna-se bastante complexo, passando por conceitos (e não apenas números) e por inúmeras reuniões de professores, onde cada aluno tem traçado seu perfil e sua formação³³¹.

V.4. Um modelo radical: o tempo do projeto

Nesta seção será rapidamente analisada a proposta da Escola de Eletrônica e Tecnologia Informática da Universidade de Aalborg, Dinamarca, descrevendo um curso de engenharia completamente estruturado a partir de projetos³³². A notar que esta escola persegue um perfil de formação técnico e especializado, diferentemente das Écoles Centrales, que formam engenheiros generalistas.

O projeto de Aalborg, gerado por uma comissão especial e ainda em início de implementação, baseia-se no aprendizado baseado em problemas, na forma

³²⁹ Notar que, para a EC-Lille, o mercado de trabalho é específico e bem caracterizado, como mostrado acima - sendo facilmente consultado. Não é uma entidade geral e amorfa - qualquer empresa susceptível de empregar alguém no contexto nacional - como costuma ser pensado no Brasil.

³³⁰ Em todas estas escolas francesas, os salários são integralmente pagos pelo estado, os contratos gerando laboratórios, viagens, facilidades de trabalho, mas não gerando complementos salariais. O que difere do sistema norte-americano, onde público e privado financiam as escolas, e parte do salário dos professores advém de contratos e de bolsas.

³³¹ Uma solução mais convencional foi adotada pela escola Politécnica da USP para algumas habilitações ditas "cooperativas". Dividiu os anos escolares em três períodos de quatro meses cada, ocupando dois quintos destes períodos com estágios integrais em empresas conveniadas. Os estágios são academicamente controlados, com relatórios, notas e atribuição de créditos. O que exigiu a organização de uma Central de Estágios e deslocar professores para esta função e para o acompanhamento e negociação das atividades.

³³² Apresentada por Flemming K. Fink no IASEE2003, mas que pode ser encontrada no *site* da escola: <http://www.esn.auc.dk>. O projeto é apoiado pelo Global Unesco Center for Problem Based Learning, <http://www.ucpbl.org>. Os fundamentos teóricos são expostos nos artigos do Prof. Fink, que podem ser encontrados em <http://elite.auc.dk/fkf>.

que denominamos "aprendizado por projetos", pois é "baseado em problemas de engenharia da vida real"³³³. O trabalho é organizado por grupos de no máximo 6 alunos (equipes para projetos e grupos de estudo), sendo os projetos "interdisciplinares" (diríamos multidisciplinares) e integrando teoria e prática. O quadro conceitual, menos elaborado que o da EC-Lille, é representado na figura V.2.

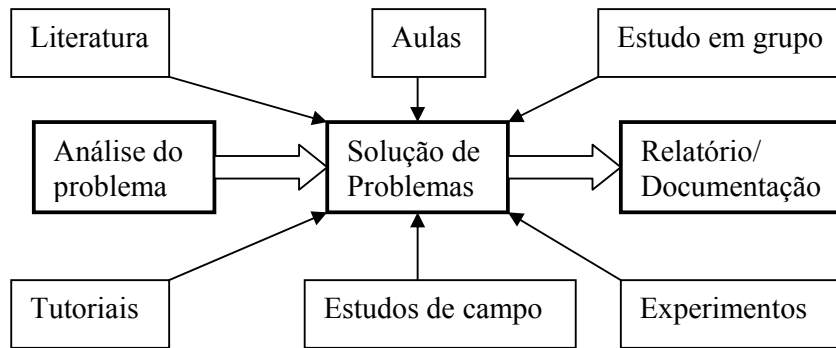


Figura V.2: Quadro conceitual de Aalborg

Esta conceituação geral pouco explica, se não passarmos à estrutura curricular e entendermos como as atividades são distribuídas ao longo dos cinco anos de estudo do curso de engenharia, divididos em semestres.

O primeiro ano é dedicado a estudos básicos (ciência e tecnologia, ou melhor, matemática, física, química e informática). Os três semestres seguintes a estudos de engenharia elétrica e eletrônica, ou de engenharia de computação, segundo a escolha do aluno. A especialização é aprofundada nos cinco semestres a seguir (produção eletrônica, energia elétrica, telecomunicações, engenharia de software, etc.). A originalidade aparece na estrutura de cada semestre, que deixa de ter a aparência de uma grade curricular pré-definida.

Um semestre corresponde a 900 horas de trabalho (30 créditos europeus ECTS³³⁴), divididas em atividades de projeto e disciplinas de projeto (em torno de um mesmo tema) e disciplinas compulsórias³³⁵, de tal forma que a atividade de projeto cubra mais da metade do total, e que o tempo empregado com as disciplinas de projeto seja maior que o empregado com as disciplinas compulsórias. Naturalmente, tal só é possível se o tema dos trabalhos no projeto e nas disciplinas de projeto é o mesmo, ao longo do semestre, o que exige uma equipe de professores bem integrada e uma organização bem ajustada.

A distribuição do trabalho ao longo do semestre deve ser estruturada desde o seu início. Este é dividido em quatro períodos de cinco semanas. O primeiro contém a maioria das disciplinas compulsórias e parte das disciplinas de projeto, o projeto sendo apenas iniciado. A proporção varia, até se inverter completamente no terceiro período, quase totalmente ocupado pelo projeto, e pela finalização das disciplinas de projeto. O quarto período é dedicado aos exames e aos estudos individuais.

O princípio geral pode ser descrito como: a apresentação da teoria precede o projeto, sendo concentrada no início do semestre; exames, relatórios e apresentações são concentrados no seu final. Esta divisão temporal resolve o problema da compreensão do projeto (o problema e sua linguagem são apresentados em primeiro lugar), desde que a escolha do tema do projeto no

³³³ Todas as citações nesta seção são retiradas do texto do Prof. Fink.

³³⁴ ECTS: *European Credit Time System*.

³³⁵ Isto é, na linguagem de Fink, disciplinas convencionais obrigatórias, não orientadas por projetos. Daí o "compulsório", significando que são impostas e pré-definidas - donde, no entender de Fink, desagradáveis ou não-desejadas pelos alunos...

início do semestre seja motivação suficiente para os alunos enfrentarem a teoria apresentada (seqüencialmente, supomos). De qualquer forma, a teoria não é estruturada a partir do problema, sendo apresentada de forma convencional. A menos que os exames, realizados após a realização do projeto, façam os alunos estudarem a teoria apenas no último período, "iluminados" pelo projeto. Isto é, a integração entre teoria e prática ainda precisa ser demonstrada, não estando completamente resolvida. Prevendo esta crítica, Fink parte para a organização detalhada do trabalho dos alunos, fornecendo exemplos de planos semanais de estudo. Estes são muito carregados, em nosso entender, pois deixam pouco tempo para a reflexão e são voltados para uma visão extremamente tecnicista da profissão - porém colocam ao menos um terço do tempo voltado para o projeto do semestre: ali seria formado, de fato, o futuro engenheiro, o restante, segundo Fink, sendo complementos secundários.

Não há uma grade curricular fixando *a priori* os instantes de contato entre cada professor e seus alunos: o planejamento e acompanhamento das atividades tornam-se mais complexos, exigindo a montagem de um grupo de planejamento do semestre, do qual participam os professores, os supervisores de projeto e representantes dos alunos - o que praticamente inviabiliza a existência de disciplinas eletivas ou a flexibilidade curricular. Prevê-se um (professor) coordenador para cada turma (uma espécie de "gerente de produto", onde o produto é a turma a ser formada), por semestre.

Mais detalhes da organização podem ser encontrados no *site* de Aalborg, como a exigência do professor entregar o menu de cada aula (tópico, referências, exercícios) com dois dias de antecedência. Os exames tradicionais são aplicados apenas para as disciplinas compulsórias. A sequência de execução dos projetos é muito semelhante à usada na EC-Lille. Fink faz muitas considerações sobre processos de avaliação (*assessment*), vistos como uma realimentação de informação sobre o curso a partir dos estudantes.

O ponto de vista da equipe de Aalborg é que a educação baseada em problemas introduz a argumentação profissional e os problemas de engenharia no cerne do aprendizado, levando o aluno a entender como aplicar a teoria. Uma parte maior do trabalho é repassada para os professores, que necessitam de um treinamento especial para integração no novo paradigma educacional - não basta serem engenheiros profissionais ou pesquisadores. A organização do tempo e do espaço passa a ser mais trabalhosa, exigindo equipes dedicadas especificamente a este problema e um ajuste detalhado da atuação do corpo docente. A organização geral é bem estruturada - os problemas complexos originados pelo ensino baseado em projetos foram corretamente antecipados. Porém percebemos uma posição simplista sobre o processo educacional, como se o aprendizado dependesse apenas da apresentação de teorias e de seu exercício posterior em problemas aplicados ao longo do curso.

Sem dúvida, a sequência exposição→aplicação é necessária em parte do aprendizado, pois não é possível imergir os alunos em cada problema de interesse, levando-os a construir todos os conceitos e teorias seguindo a metodologia concorrente. Mas se os projetos são sistematicamente vistos como aplicação de teorias previamente desenvolvidas, recai-se no problema do laboratório apenas demonstrativo. Não teremos mais a educação a partir de projetos, mas um treinamento técnico para a aplicação de tecnologias padronizadas.

V.5. O tempo e o espaço do aprendizado

O grande trabalho na montagem de um currículo tradicional para um curso de engenharia está na escolha das diferentes disciplinas ao longo do tempo, de forma a cobrir todo o conteúdo inicialmente estipulado dentro de uma ordem racional. Tal é possível - dentro de uma perspectiva racional - porque a grade

curricular, ao dividir o tempo do aprendizado em disciplinas separadas, organizadas semanalmente de forma idêntica, isola o trabalho da administração escolar do trabalho dos professores. A administração responde apenas pela organização:

- dos fluxos de alunos e professores dentro dos espaços escolares, rigidamente organizados em salas de aula, laboratórios e auditórios;
- dos fluxos de controle (listas de chamadas e notas).

Os professores estão restritos às suas disciplinas, mas completamente soltos dentro delas, desde que se atenham a certas regras de "respeitabilidade" e ministrem o conteúdo mínimo determinado. Apenas episódicos "conselhos de classe"³³⁶ reúnem os professores para discutir os alunos, os objetivos do curso e suas estratégias didáticas - assuntos em geral esquecidos diante dos problemas disciplinares e administrativos que exigem uma resposta imediata.

A grade curricular assim definida elimina o olhar acadêmico ou pedagógico sobre o conjunto da formação do aluno, deixando-o por conta de uma lógica que se pressupõe ter existido na organização geral do currículo. Isto é, a grade curricular limita o professor a seu entorno disciplinar, isolando-o do ser humano "aluno", que vive um tempo repartido em um conjunto desagregado de disciplinas e de atividades externas. A escola tradicional é, pedagogicamente falando, desintegrada - e por isso o currículo torna-se uma "grade" tentando reunir administrativamente as partes isoladas.

Os conteúdos, ou a seqüência de disciplinas, costumam ser definidos a partir de leis ou normas existentes (os currículos mínimos preparados por comissões de especialistas, como ocorria no passado recente), e de currículos já existentes (consulta-se os currículos das principais escolas). Críticas e sugestões dos professores da comissão responsável pelo currículo ou vindas dos conselhos da universidade, que o analisam e aprovam, resultam em modificações superficiais. Um trabalho de bricolagem curricular em torno de uma estrutura tradicional. Mesmo mudanças aparentemente estruturais costumam apenas acomodar currículos anteriores a algumas inovações pontuais. Exceções são raras, quase todas restritas à parte mais especializada dos currículos.

Por outro lado, o currículo real se move ao longo do tempo: professores alteram suas disciplinas, adaptando-as ou modernizando-as; a realidade externa se modifica, alterando o peso das diferentes atividades na vida do aluno e alterando a forma como ele as considera. A integração suposta existir no plano curricular inicial torna-se mais fraca ainda, e o "perfil de formação" inicialmente postulado não é mais reconhecido por nenhum dos atores do processo. O perfil de formação real passa a ser obtido mais por reação dos alunos ao currículo real que por iniciativa da escola, isto é, à revelia das idéias postuladas pela escola e por seus professores.

A lógica da grade curricular é a lógica da simplicidade organizacional e da facilidade de gerenciamento, onde os controles são formais e superficiais, e o objetivo - a formação do cidadão e do futuro profissional na direção de um perfil determinado - é relegado frente à sua racionalidade instrumental e simplificadora. A mesma lógica aparece na divisão do espaço pedagógico: importa que cada aluno e cada professor saiba exatamente onde estará ao longo do período escolar, em espaços pré-fixados com grande antecedência, segundo a conveniência da administração escolar: salas de aula e laboratórios específicos.

Ora, mostramos acima exemplos de organizações curriculares mais flexíveis, onde o tempo é o tempo do projeto e o tempo do aprendizado, onde o espaço é ocupado de acordo com as necessidades destes, abrindo-se, inclusive, ao espaço exterior à escola - porém pagando o preço de uma maior complexidade gerencial. Assim reencontra-se a racionalidade própria ao perfil de formação escolhido, uma formação integrada de um cidadão e engenheiro ligado aos valores da escola e à sociedade em que vive.

³³⁶ Inexistentes na maior parte dos cursos de nível superior.

Estas formas de organização exigem um grande esforço de articulação entre os professores e a administração escolar, ainda mais se há interesse em trazer o mundo do trabalho e da pesquisa à escola. Este esforço tem seu custo, exige tempo e criatividade, mas mostra-se essencial para dar alguma racionalidade ao ensino universitário para além do esquema taylorista-fordista que busca formar mais técnicos especializados que engenheiros no pleno sentido da palavra.

Escolas assumidamente de elite (como as Écoles Centrales), voltadas para formar uma pequena elite de gerentes, podem dispendir muito esforço e meios na organização curricular e acompanhamento dos alunos. Escolas de massa, necessitando baixar custos, serão obrigadas a esquemas mais simples, menos ambiciosos. Porém sempre é possível integrar parte das disciplinas sem grande aumento de custo, desde que a escola e a universidade reconheçam o mérito deste trabalho, e não o vejam como mero desvio de energia a ser dirigida para outras áreas (pesquisa, lucros, etc.). Isto é, aloquem tempo e meios ao trabalho de organização pedagógica e de acompanhamento dos alunos, e o valorizem na carreira acadêmica dos professores, repassando a um pessoal técnico de alto nível o que não for de sua alçada (como o contato sistemático com empresas, a organização/manutenção do sistema de informações correspondente, ou ainda o controle dos contratos necessários e a organização do sistema de divulgação).

Uma das chaves é a organização dos eventos e cursos à medida do necessário, em torno de um eixo central bem delineado e escandido. Mas o sucesso deste tipo de organização, ou de atividades que não geram notas (como as atividades culturais, os concursos e desafios, os estágios internacionais e os trabalhos de iniciação científica) depende de sua integração à cultura da escola. E isto exige um certo tempo, exige usar a informação trocada entre as diferentes gerações de alunos, exige um sistema contínuo de palestras de apresentação da universidade aos calouros e candidatos, exige repassar continuamente as informações aos professores (palestras, mensagens, folhetos bem coloridos, portal na Internet, etc.) - treinando os professores, se preciso for.

Como verificamos na PUC-Rio com as atividades internacionais, e foi confirmado pelo Prof. Obertelli da EC-Paris quanto às atividades de abertura cultural: no primeiro ano de aplicação de uma nova atividade o interesse é pontual; no segundo ano aparecem mais alunos interessados; no terceiro ano os alunos começam a cobrar o funcionamento do programa - assumem a atividade como normal e mesmo necessária. Claro, desde que haja persistência na divulgação junto a alunos e professores.

Além disso, é preciso vencer a resistência da parte dos professores que tende a permanecer fechada na situação mais confortável, voltada para seus projetos e suas pesquisas, enxergando a sociedade e o mercado de trabalho apenas na direção de seus interesses. A questão é como desestabilizar esta posição, quer via financeira, quer via premiações internas, quer via cultural (usando incentivos e/ou castigos, planejamento estratégico³³⁷ ou esforços orientados por parte da direção³³⁸) - e aí a mudança da cultura da escola passa ser o ponto essencial.

Vemos aparecer a escola de engenharia como um todo social, onde a informação percola entre grupos diferentes, e uma cultura se forma pouco a pouco dentro do ambiente nela gerado através de suas múltiplas atividades e de seu relacionamento com o mundo à sua volta. Talvez esta cultura, produto de uma história, seja a principal responsável pelo perfil de formação do aluno obtido ao longo do curso universitário. Como mudá-la e como gerar energia e recursos para alterações curriculares tornadas necessárias pelas exigências dos novos perfis de formação, este é o problema crucial.

³³⁷ Caso da Escola de Engenharia da UFMG, a partir de 1994.

³³⁸ Caso da EC-Lille e, mais recentemente, da Escola Politécnica da USP, preparando o perfil de formação Poli-2015 (anunciado na imprensa em 2004).

Apêndice V.1. Avaliação de projetos na EC-Lille

No fim do primeiro ano, um júri composto:

pelo diretor científico do projeto, por seu coordenador (professor encarregado de acompanhá-lo e de dirigir os alunos para as atividades complementares), por um consultor "multidimensional" (um professor externo ao projeto, em área diferente, disposto a gerar idéias "não viciadas"), por consultores técnicos, pelo representante dos parceiros exteriores (empresas interessadas, por exemplo) e pelo representante da direção da escola, após ler os relatórios e assistir as apresentações;

faz uma avaliação global do projeto e uma avaliação individual por aluno, considerando os seguintes tópicos:

- 1) Certificação da atividade projeto do primeiro ano:
 - a) Avaliação do projeto:
 - i) Conteúdo científico (considerando se há abertura suficiente do tema, e se já houve um início da realização prática);
 - ii) Gestão do projeto (gestão ajustada, domínio do processo de gestão - com renegociação eventual do objetivo, comportamento da equipe, boa repartição do enriquecimento individual);
 - iii) Apresentação;
 - iv) Relatório intermediário (qualidade do documento);
 culminando na avaliação global (considerando também o respeito dos prazos, se não houve veto por parte dos consultores multidimensionais, e a desejável unanimidade do júri).
 - b) Avaliação individual (realizada pelo diretor científico e pelos professores acompanhando o projeto, três vezes ao longo do ano escolar):
 - i) Integração na equipe, divisão de trabalho, qualidades relacionais);
 - ii) Espírito inovador e criatividade
 - iii) Espírito de persuasão e de liderança;
 - iv) Espírito científico e método de trabalho;
 - v) Energia, determinação e investimento pessoal.
- 2) Certificação da atividade projeto do segundo ano: a mesma lista que a do primeiro ano, mas exigindo uma apresentação profissional, e um relatório final completo, bem apresentado e informativo. Discute-se se o projeto deve ser "felicitado" ou não.

São utilizados três conceitos: excelente, satisfatório e insuficiente; e realizados comentários por escrito, incluindo o estabelecimento de metas para cada aluno para o próximo trimestre, de forma a orientá-lo sobre sua atitude.

Apêndice V.2. A formação cultural e humanística

Um exemplo interessante de organização não "gradeada" é dado pela formação social, humanística e ética nos cursos de engenharia³³⁹. Disciplinas formais tratando destes assuntos deixam os alunos inertes, como temos visto em nossas visitas, a menos da influência de um ou outro professor carismático – cuja influência raramente ultrapassa o tempo de sua disciplina. Alunos de engenharia, na sociedade atual, tendem a tratar assuntos sócio-culturais, quando lhes são impostos, como um mal inevitável. Porém, o aproveitamento das oportunidades oferecidas pela vida escolar dos alunos ao longo de toda a sua formação pode gerar um interesse e um aproveitamento inesperados. Vejamos parte de um diagrama de atividades da EC-Paris, que ilustra a liberdade com que o tempo escolar pode ser tratado³⁴⁰.

³³⁹ Ver também o exemplo da EC-Lille estudado anteriormente.

³⁴⁰ Folheto distribuído aos alunos da EC-Paris, ano letivo 2003/2004.

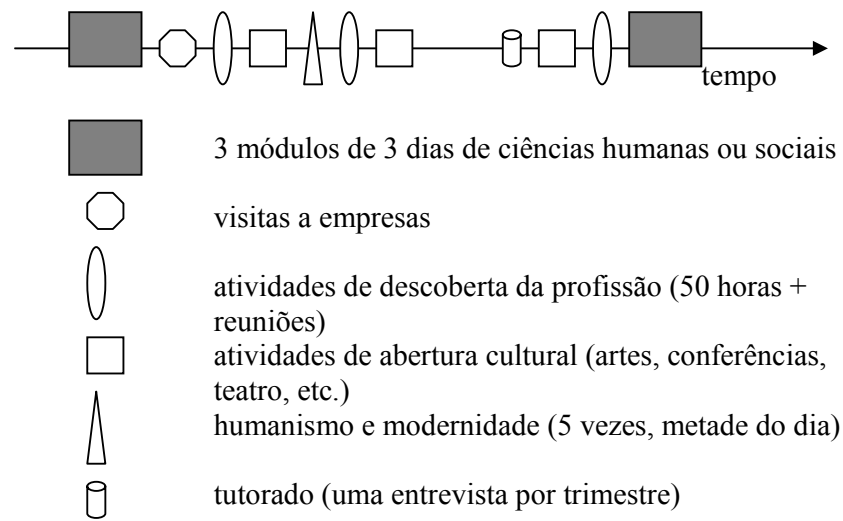


Figura V.3: Parte do diagrama temporal de atividades de formação social e humanística

Outras atividades utilizadas para a formação cultural e humanística são as simulações empresariais, os projetos em equipe, as reuniões para discutir as experiências internacionais ou em estágios, e os estágios em si, todas contando com a participação e a reflexão do professor encarregado da área de ciências humanas e sociais³⁴¹.

Um exemplo mais específico, dentro das atividades de abertura cultural: uma jornada cultural, onde o aluno pode escolher quatro áreas, cada uma delas com cinco escolhas. Em "práticas da arte contemporânea", as atividades "confronte suas idéias sobre arte com um artista" ou "reencontre os estudantes de artes organizadores da exposição de arte Objeto Comum". E assim por diante.

Neste tipo de atividade, a criação de uma cultura na escola torna-se essencial. O que demora um certo tempo (medido em anos). É pela cultura da escola que estas atividades se perpetuam e ganham sentido para os alunos e suas famílias, até se tornarem um traço distintivo e desejado da escola.

³⁴¹ Prof. Patrick Obertelli, EC-Paris.

EPÍLOGO

O trabalho científico está atrelado ao curso do progresso. [...] Em princípio este progresso não tem fim. Com isso chegamos ao problema do *sentido* da ciência, pois não é de modo algum auto-evidente que uma coisa sujeita assim à lei do progresso traga em si mesma sentido e razão.

Max Weber, *A ciência como vocação*³⁴².

Grande parte deste livro foi dedicada a mostrar que a maior complexidade do setor produtivo nacional e as mudanças reunidas sobre o rótulo de "sociedade pós-industrial" ampliaram decisivamente o campo de atuação dos engenheiros, gerando a necessidade de diferentes perfis de formação profissional. Perfis que se espalham ao longo de um vasto arco, indo do técnico especializado - em muitas e novas especializações - ao generalista com visão gerencial. A liberdade de definição de cursos novos, consagrada pela legislação brasileira atual, encontra, neste fenômeno histórico-social, sua principal razão. Cada escola de engenharia passa a poder - e a ter a obrigação - de definir o seu próprio perfil de formação, considerando:

- a parcela do mercado de trabalho que deseja atender;
- o público da escola, de onde vêm seus candidatos e alunos;
- o chamado social;
- sua vocação e tradições;
- sua visão de futuro;
- as restrições históricas, geográficas, sociais, e econômicas.

Porém, perfis diferentes conduzem a estruturas curriculares diferentes, que devem ser discutidas junto com as metodologias pedagógicas. Se currículo e metodologias não forem construídos/escolhidos de forma integrada, corre-se o risco do currículo real afastar-se de tal forma do currículo proposto que apareçam problemas como a evasão de alunos ou o curso tornar-se um mero rito de passagem - o aprendizado efetivo ocorrendo apenas após o término do curso, "na prática".

Isto é, a definição de um perfil de formação deve partir da consulta aos atores do processo. O quadro teórico apresentado procura facilitar o encaminhamento deste processo dentro da liberdade que ora descortinamos. Liberdade acompanhada, como sempre, de riscos. Tanto o risco de gerar cursos sem público ou cujo custo seja excessivo para os possíveis interessados, quanto o risco maior de não conseguir vencer a inércia da estrutura acadêmica, o que acabará fazendo a universidade inútil para o país e para a sociedade. Neste caso, as soluções sociais serão buscadas alhures, e a academia acabará abandonada à sorte dos dinossauros. Dinossauros dotados de muito prestígio, é verdade, mas, apesar disso, em extinção.

O principal desafio atual me parece ser a formação de engenheiros inovadores com visão empreendedora - motivado pelo desenvolvimento do país dentro do atual cenário mundial. O que torna necessário ampliar o escopo da universidade, levando-a a desenvolver e integrar seus processos de formação profissional e de geração de conhecimento, orientando-os para uma também maior interação com o setor produtivo. Interações onde informações e influências trafegam nos dois sentidos, lembrando que parte do conhecimento considerado válido atualmente é gerado junto às atividades de produção, e em função destas.

As ferramentas discutidas ao longo do texto indicam mudanças na estrutura universitária, expressas através de um pomposo "novo paradigma". Os mecanismos de contato com o setor produtivo e os novos mecanismos de

³⁴² Citado em A. F. Pierucci, *O desencantamento do mundo*; São Paulo, SP: Editora 34/USP, 2003, p. 150.

acompanhamento e desenvolvimento pedagógico fazem aparecer funções que não podem mais ser tratadas como atividades secundárias dos professores/pesquisadores, dependendo de sua boa vontade e da existência de horas vagas. No novo paradigma, estas funções exigem meios específicos e um pessoal especialmente dedicado de alto nível, coordenados politicamente por professores que se distingam nestas áreas - de forma a manter os ideais e interesses universitários.

O novo paradigma deriva de uma mudança de valores que já pode ser identificada na prática das principais escolas de engenharia do país. Para concretizá-lo é preciso que sejam devidamente valorizados os papéis do professor/pedagogo e do professor com forte contato com o setor produtivo, para além do professor/pesquisador centrado na sua pesquisa científica, desde que trabalhando de forma integrada entre si e voltados para os objetivos universitários: a produção de conhecimento socialmente útil, a crítica social, e a formação profissional relevante.

Apesar do último capítulo ser dedicado ao estudo da estrutura curricular e de sua montagem, limitei-me à formação de engenheiros inovadores, sem procurar traçar uma metodologia formal. Mostrei alguns exemplos de forma a abrir o espectro de escolhas curriculares. Fica em aberto o problema de definir uma tipologia destas estruturas, a ser relacionada com o arco de perfis de formação citado acima. Este problema conduz ao aprofundamento das metodologias pedagógicas e de suas relações com as estruturas curriculares - relações que alteram o tempo e o espaço do aprendizado.

Acredito que não haja receitas neste campo. Cada escola, no processo - democrático e informado³⁴³ - de escolha dos objetivos, valores e perfis de formação, terá de gerar sua própria estrutura curricular. Mesmo porque não adianta montar belas planilhas e listas de competências e objetivos se o conjunto de professores não estiver comprometido com as mudanças desejadas e disposto a enfrentar o trabalho decorrente.

A atividade "projeto", tão valorizada neste texto, tem seu sucesso ligado à sua relação com a vida e os interesses dos alunos, e a seu caráter transdisciplinar. Mas, para que o último adjetivo não signifique apenas a rápida e descompromissada referência a outros pontos de vista, mas antes uma real integração multidisciplinar, faz-se necessário que os professores (e a escola) trabalhem em conjunto, aproximando seus discursos e práticas na direção do objetivo comum - o que exige vontade e trabalho. A integração leva à diminuição da autonomia dos professores - e esta é a outra face do trabalho multidisciplinar orientado para um objetivo comum. Aparecem restrições e trabalhos adicionais, faz-se necessário compreender os outros e suas motivações, e aceitar e negociar o impacto de outros pontos de vista na própria atuação.

Não afirmo que assim aparecerá uma atividade verdadeiramente interdisciplinar, integrando as esferas de atuação das diferentes disciplinas (fundindo métodos, etc.), mas que as práticas se afetarão mutuamente, abrindo espaço para críticas e intervenções cruzadas. Através desta atividade integrada voltada para objetivos comuns - principalmente se às ciências da natureza e às tecnologias que lhes são associadas vierem se juntar as ciências humanas e sociais e suas tecnologias - deixaremos de trabalhar em uma "multiversidade" para, enfim, nos encontrarmos em uma **universidade**. Onde, para além da independência das esferas de atuação próprias a cada disciplina e da consideração dos diferentes pontos de vista - condições da ciência moderna - ação e formação se organizam em torno de uma visão ética e da busca do sentido das ações humanas.

³⁴³ Isto é, o público consultado deve estar capacitado a compreender e devidamente informado sobre as questões técnicas, políticas, culturais e éticas envolvidas.

A Formação do Engenheiro Inovador

Marcos Azevedo da Silveira

Marcos Azevedo da Silveira é professor da PUC-Rio desde 1975, onde leciona cursos de Matemática e de Engenharia. Docteur d'État em Automação pela Universidade de Toulouse (França), pesquisa nas áreas de Matemática Aplicada, Projeto de Servomecanismos e Educação em Engenharia.

Seu envolvimento com Educação remonta a 1995, quando participou ativamente do Programa REENGE, que buscava reformular o ensino de engenharia no Brasil. Desde então tem conduzido diversas atividades na área, como a criação ou a exigência de definição de um perfil de formação próprio a cada escola posta pela LDB e pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia, reforma de cursos universitários, organização de conferências, congressos e seminários, orientação de teses e pesquisas sobre o mercado de trabalho, os tipos de currículos e as metodologias pedagógicas (em especial o aprendizado por projetos).

Publicou mais de 30 artigos no assunto, sendo membro do Comitê Editorial da Revista Brasileira de Ensino de Engenharia. Atualmente organiza convênios de dupla diplomação em engenharia entre escolas no país e no exterior, o que o levou a estudar os currículos e as metodologias pedagógicas de um ponto de vista internacional.

O presente texto, a partir desta experiência internacional e da exigência de definição de um perfil de formação próprio a cada escola posta pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Engenharia, estuda as mudanças dos papéis e funções exercidos pelos engenheiros na indústria e no setor de serviços, e aborda temas como a definição e escolha de um perfil de formação, o aprendizado por competências e a estrutura curricular correspondente. Em particular, discute a formação do engenheiro inovador a partir da comparação dos perfis de formação em engenharia em diferentes países e das reformas educacionais em âmbito internacional.

