



mei

MOBILIZAÇÃO EMPRESARIAL
PELA INOVAÇÃO

Fortalecimento das Engenharias

Brasília
2015



Confederação Nacional da Indústria

CNI. A FORÇA DO BRASIL INDÚSTRIA



Fortalecimento das Engenharias

Brasília
2015

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

Robson Braga de Andrade

Presidente

DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL

Carlos Eduardo Abijaodi

Diretor

DIRETORIA DE COMUNICAÇÃO

Carlos Alberto Barreiros

Diretor

DIRETORIA DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA

Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti

Diretor

Julio Sergio de Maya Pedrosa Moreira

Diretor-Adjunto

DIRETORIA DE POLÍTICAS E ESTRATÉGIA

José Augusto Coelho Fernandes

Diretor

DIRETORIA DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS

Mônica Messenberg Guimarães

Diretora

DIRETORIA DE SERVIÇOS CORPORATIVOS

Fernando Augusto Trivellato

Diretor

DIRETORIA JURÍDICA

Hélio José Ferreira Rocha

Diretor

DIRETORIA CNI/SP

Carlos Alberto Pires

Diretor

IEL – NÚCLEO CENTRAL

Paulo Afonso Ferreira

Diretor Geral

Paulo Mól

Superintendente

Gianna Sagazio

Diretora de Inovação



mei

MOBILIZAÇÃO EMPRESARIAL
PELA INOVAÇÃO

Fortalecimento das Engenharias

Brasília
2015



Confederação Nacional da Indústria

CNI. A FORÇA DO BRASIL INDÚSTRIA

©2015. CNI

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

CNI

Diretoria de Inovação – DI

FICHA CATALOGRÁFICA

C748f

Confederação Nacional da Indústria.

Fortalecimento das engenharias/ Confederação Nacional da Indústria. – Brasília :
CNI, 2015.

100 p. il.

1.Engenharia. 2. Formação de engenheiros. 3. STEM I. Título.

CDU: 373.62

CNI

Confederação Nacional da Indústria - CNI
Sede

Setor Bancário Norte

Quadra 1 – Bloco C

Edifício Roberto Simonsen

70040-903 – Brasília – DF

Tel.: (61) 3317-9001

Fax: (61) 3317-9190

<http://www.portaldaindustria.com.br/iel/>

Serviço de Atendimento ao Cliente – SAC

Tels.: (61) 3317-9989 / 3317-9992

sac@cni.org.br

ÍNDICE

7

RESUMO EXECUTIVO

APRESENTAÇÃO	8
Contexto nacional e internacional.....	9
Limitações do ensino das Engenharias no Brasil.....	14
Os novos requisitos profissionais	14
Evasão dos estudantes de Engenharia.....	15
Evasão nos Cursos Superiores Tecnológicos	16
Currículos dos cursos de Engenharia.....	17
Especialização prematura	18

19

ESTRATÉGIAS PARA APERFEIÇOAR O ENSINO DE ENGENHARIA NO BRASIL

2.1 internacionalização das escolas de engenharia.....	20
2.2 Ampliação da quantidade de estudantes em programas de pós-graduação e doutorado em STEM	21
2.3 Contratação de professores com sólida experiência acadêmica e profissional	22
2.4 Estímulo à cooperação entre universidade e mercado industrial.....	22
2.5 Sistematização dos incentivos para atualização dos cursos de engenharia.....	23

25

SUSTENTABILIDADE DAS MUDANÇAS

27

FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS NO BRASIL E NO MUNDO

4.1 Por que o mundo inteiro se preocupa tanto com os engenheiros?.....	28
4.2 Inovação e engenharia	30
4.3 Produção tecnologicocientífica da engenharia brasileira	32

35

FORMAÇÃO E PROFISSÃO DO ENGENHEIRO: UMA COMPARAÇÃO ENTRE O BRASIL E O EXTERIOR

5.1 Comparação entre profissões liberais	38
5.2 Médicos e engenheiros na Europa, no Brasil e nos EUA	43

45	ENGENHARIA OU “ENGENHARIA, PRODUÇÃO E CONSTRUÇÃO” OU, AINDA, “STEM”?	
	6.1 Caracterização da demanda por engenheiros	47
	6.2 O perfil e a qualidade dos engenheiros formados	48
51	COMPARAÇÃO COM DADOS INTERNACIONAIS – EUA E OCDE	
	7.1 Dados da Engenharia – EUA.....	52
	7.2 Dados da Engenharia – EUROPA.....	53
57	ANÁLISE DE CURRÍCULOS DE ENGENHARIA NO BRASIL E FORMAÇÃO DE NOVOS ENGENHEIROS PARA O SÉCULO XXI	
61	ENGENHARIA NO BRASIL E SEU REFLEXO NA CAPACIDADE DE INOVAÇÃO	
67	FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS NO BRASIL	
73	EVASÃO E TAXAS DE CONCLUSÃO DE CURSO NA ENGENHARIA	
79	PULVERIZAÇÃO PREMATURA DE ESPECIALIDADES NA FORMAÇÃO E EXERCÍCIO PROFISSIONAL (MEC E CONFEA) E REVISÃO CURRICULAR COM FOCO NA INOVAÇÃO	
83	PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA	
	13.1 PÓS-GRADUAÇÃO	84
	13.2 Produção científica	85
87	PROPOSTAS PRELIMINARES AO APERFEIÇOAMENTO DAS ENGENHARIAS	
	14.1 Aprimorar a qualidade de ensino	88
	14.2 Catalisar a Inovação	90
	14.3 Desenvolver Mão de Obra e Treinamento Técnico.....	90
91	REFERÊNCIAS	



Resumo Executivo



APRESENTAÇÃO

Uma grande revolução no ensino das Engenharias no Brasil é fundamental para que o País aumente sua produtividade e acompanhe os países mais inovadores. A maior competitividade da indústria depende da capacidade das empresas inovar e isto depende da disponibilidade e da qualidade dos engenheiros e tecnólogos.

De acordo com a Pesquisa de Inovação 2011 (PINTEC)¹, realizada pelo IBGE, 72,5% das empresas entrevistadas entendem a falta de recursos humanos qualificados como sério obstáculo para a inovação do setor industrial. O fato é que, do total de profissionais de Engenharia, pouco mais da metade (54%) atua no setor industrial. O quadro de escassez se agrava quando sabemos que a maioria dos estudantes (60%) abandona o curso antes de se formar.

Esses dados são preocupantes para o setor produtivo, em especial se levarmos em conta que engenheiros são profissionais que tendem a fomentar a inovação e a competitividade nas empresas. Para reverter esse quadro, a criação de ambicioso programa de fortalecimento e modernização do ensino de Engenharia é imprescindível para a agenda nacional de inovação.

Como se pode perceber, os cursos de Engenharia, da forma como vêm sendo ministrados, deixam a desejar, tanto em termos de qualificação como em termos de formação de mão de obra apta a atender às atuais necessidades do mercado.

Além dos conteúdos técnicos inerentes à área, a formação de engenheiros no Brasil exigiria o fortalecimento da educação básica e o desenvolvimento de habilidades como comunicação, expressão oral e conhecimento de línguas estrangeiras, exigências do novo paradigma de desenvolvimento do mundo contemporâneo.

Para além de uma sólida base técnica, as faculdades de Engenharia deveriam formar profissionais com capacidade de inovação e empreendedorismo, liderança e trabalho em equipe, habilidades que transcendem a formação dos cursos tradicionais. Uma revisão profunda nos parâmetros de ensino torna-se, portanto, fundamental para que o País aumente sua produtividade e se torne mais inovador.

¹ A Pesquisa de Inovação (PINTEC) é realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com o apoio da Finep e do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

Desde 2008, a **Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI)**², coordenada pela CNI, busca fortalecer a inovação industrial no Brasil e contribuir para o aprimoramento das políticas públicas relacionadas ao tema. A MEI é hoje o principal espaço de diálogo entre lideranças empresariais e governo, visando ao enfrentamento dos desafios impostos pelos novos tempos: geração de inovação tecnológica e aumento da competitividade.

Objetivando traçar uma estratégia mais ampla de reestruturação dos cursos de Engenharia, a MEI organizou, em 17 de novembro de 2014, na sede do ITA, em São José dos Campos, o **Diálogos da MEI sobre Fortalecimento das Engenharias**. O evento teve como escopo a discussão do papel dos profissionais de Engenharia ao considerar as necessidades de desenvolvimento de tecnologias para o aumento da produtividade, da inovação e da competitividade da indústria nacional. Buscou, também, identificar as mudanças em curso no perfil do engenheiro para a melhoria do processo formativo. O texto a seguir sintetiza os principais aspectos dessa discussão.

Contexto nacional e internacional

Embora o Brasil já tenha acordado para a importância da inovação, é forçoso reconhecer que temos ainda um longo caminho a ser percorrido.

Engenheiros figuram como atores estratégicos para o desempenho inovador de nossas empresas, o que resulta na melhoria da produtividade e consequente crescimento econômico do País, por meio da criação e da absorção de novas tecnologias e da produção de bens de alto valor agregado.

No Brasil, é recorrente a percepção de que há escassez de engenheiros nos mais variados setores da economia e de que os engenheiros que atuam no mercado carecem frequentemente das habilidades necessárias à aplicação de estratégias de inovação, o que dificulta o crescimento e a sustentabilidade da economia a longo prazo.

Hoje, mais do que nunca, a qualidade e a quantidade apropriada de capital humano são componentes essenciais para promover inovação e maior competitividade nas empresas brasileiras.

Na área das Engenharias, a posição do Brasil é desconfortável, tanto na comparação com países desenvolvidos como na comparação com os demais países que

² A Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI), articulada e liderada pela CNI, tem por desafio fazer da inovação um tema permanente da estratégia das empresas brasileiras.

compõem os BRICS³. Nosso desempenho continua insatisfatório na geração de novas tecnologias, no registro de patentes e na produção de artigos e trabalhos científicos (ver Tabela 1).

Por aqui, o número de engenheiros doutores é reduzido quando comparado, por exemplo, ao contingente de profissionais de Medicina – embora o número de engenheiros (630 mil – Censo 2010) seja bem maior que o de médicos (346 mil). Ademais, segundo os indicadores do MCTI, temos pouquíssimos engenheiros doutores empregados em empresas brasileiras, se compararmos nossos números com os percentuais da maioria dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE)⁴. Essa defasagem decorre do fato de a grande maioria desses engenheiros doutores permanecer nas universidades e centros de pesquisa, ao passo que poucos ingressam no setor industrial.

TABELA 1

PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM ENGENHARIA, NA COMPARAÇÃO COM OUTROS PAÍSES

	Produção científica em Engenharia	Citações	Índice H (impacto)*	Global Innovation Index 2014	OECD Patent Database 2012
Brasil	17º	24º	26º	61º	25º
China	1º	2º	5º	29º	3º
Rússia	15º	26º	23º	49º	21º
Índia	6º	9º	19º	76º	14º
África do Sul	41º	39º	39º	53º	28º
Coreia do Sul	4º	6º	12º	16º	5º
Japão	3º	8º	3º	21º	2º
Estados Unidos	2º	1º	1º	6º	1º

Fonte: Base de Dados Scopus (2013), OCDE (2012), Global Innovation Index (2014).

*O **índice h**, ou *h-index* em inglês, “busca quantificar a produtividade e o impacto das publicações realizadas em um país, departamento ou grupo de cientistas”.

3 BRICS - Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.

4 OECD - Science, Technology and Industry Scoreboard (2013).

Ainda que responsáveis por 25,9% do faturamento industrial e 13,2% da geração de empregos, segundo o estudo da PINTEC, as empresas brasileiras que inovaram e procuraram diferenciar seus produtos representavam, em 2010, somente 1,7% da indústria nacional. No mesmo período, *commodities* representavam 40% do total de nossas exportações, enquanto produtos de média e alta intensidade tecnológica representam aproximadamente 20%⁵.

Em termos mundiais, sessenta por cento dos produtos exportados são considerados de média ou alta intensidade tecnológica, com a participação de *commodities* nas exportações totalizando apenas 13%.

Segundo o *Índice de Competitividade Global do Fórum Econômico Mundial*⁶, a posição do Brasil tem alternado, nos últimos anos, entre as posições 55^a e 72^a (num total de 140 países). Nosso sistema educacional deficiente é um dos fatores determinantes para esse baixo desempenho. Há anos, as avaliações do PISA⁷ (ver Tabela 2) vêm chamando a atenção para a baixa qualidade do ensino brasileiro nos temas leitura e interpretação de texto, matemática, ciências e habilidade na resolução de problemas.

TABELA 2		COLOCAÇÃO DO BRASIL NO EXAME PISA EM 2012		
Comparação	Leitura	Matemática	Ciências	
Entre os 61 países	51 ^a	54 ^a	55 ^a	
Entre os oito países latino-americanos participantes do PISA	5 ^a	5 ^a	6 ^a	

Fonte: PISA (2012).

É inevitável que a deficiência qualitativa dos ensinamentos fundamental e médio acaba produzindo reflexos no ensino superior – em especial nas áreas de ciência e engenharia – devido ao despreparo crônico dos estudantes diante de noções básicas de ciências e matemática.

5 *Inovações, Padrões Tecnológicos e Desempenho das Firms Industriais Brasileiras*, J. A. De Negri e M. S. Salerno, organizadores, Brasília, IPEA, 2005 e “Qualidade da Inovação na Indústria: Explorando o PINTEC”, Luis Fernando Tironi, Radar, IPEA, número 16, 2011.

6 Publicado anualmente, o Relatório de Competitividade Global avalia os principais pilares das economias mundiais, como estabilidade macroeconômica, educação e solidez das instituições públicas, e os traduz num índice.

7 O Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA – Programme for International Student Assessment) é uma iniciativa internacional de avaliação educacional comparada, aplicada a estudantes na faixa dos 15 anos de idade.

Apesar do crescimento recente das matrículas, até 2009, o número reduzido de engenheiros graduados (30 mil por ano) no Brasil⁸ é diminuto, se comparado aos índices de países da OCDE com PIBs semelhantes ao nosso.

A situação da Engenharia no Brasil tem sido foco constante de debates. Afinal, o número atual de engenheiros seria suficiente para manter o crescimento econômico do País? A escassez de engenheiros seria mais um entrave ao progresso brasileiro?

O Sindicato dos Engenheiros do Paraná (SENGE-PR)⁹ produziu um dos estudos mais abrangentes sobre as atividades ligadas ao exercício profissional de Engenharia no Brasil. Segundo a publicação, 244 mil engenheiros tinham emprego formal em 2009, 82 mil trabalhavam como engenheiros autônomos e 96 mil desempenhavam outras atividades ligadas diretamente à profissão, totalizando 422 mil profissionais em atividade.

A comparação com médias internacionais permite-nos obter uma boa estimativa quanto à situação do Brasil. Na OCDE, dados do *Relatório Europeu de Engenharia* (2009-2012) indicam a média de 11 engenheiros atuantes no mercado para cada mil habitantes. Nos Estados Unidos, esse número chega a 9, enquanto no Brasil nossa média limita-se a 2,3.

A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), em relatório de 2010, mostra que o número de engenheiros graduados, na maioria dos países (incluindo o Brasil), é maior do que o número de engenheiros atuantes no mercado de trabalho. Essa distinção ajuda a perceber não só quantos engenheiros exercem de fato a profissão, como também qual a tendência futura de projeção para esses números.

A Tabela 3 compara o fluxo de graduandos em Engenharia na Europa, nos EUA e no Brasil nos últimos dez anos. Pode-se perceber que Europa e Estados Unidos não só contam com mais engenheiros formados no período, como também detêm um percentual bem maior de engenheiros atuando no mercado. Essa tendência mostra que a diferença entre Brasil, Europa e Estados Unidos segue se acentuando.

8 Dados dos Censos da Educação Superior, publicados anualmente pelo INEP/MEC.

9 Fonte: <http://www.senge-pr.org.br/>

TABELA 3	ENGENHEIROS FORMADOS DURANTE DEZ ANOS NA OCDE E NO BRASIL	
	Por Mil Habitantes	
Países Europeus	7,55	
EUA	4,42	
Brasil	1,49	

Fonte: OCDE (2001-2010) acessível em stats.oecd.org.

Oportuno ressaltar a importância dos Cursos Superiores de Tecnologia (CST), com excelente inserção no mercado de trabalho, ao permitir que profissionais participem – com vantagens funcionais e financeiras – de equipes que complementam o processo teórico de aprendizagem. Esses cursos, de natureza prática, apenas recentemente, tornaram-se parte relevante do cenário da educação superior no País.

Na Europa, um terço dos estudantes universitários está matriculado em cursos na área de tecnologia (os chamados 5B). Desse total, aproximadamente um terço gradua-se em engenharia e áreas correlatas.

Os países com maior desenvolvimento tecnológico – sobretudo na Europa e nos Estados Unidos – estão profundamente comprometidos com a expansão e a melhoria dos cursos 5B, o aumento do número de matrículas e a participação das empresas no treinamento dos alunos. Parcerias público-privadas constituem parte importante desse processo.

Limitações do ensino das Engenharias no Brasil

Os novos requisitos profissionais

A percepção de escassez de engenheiros qualificados no Brasil é agravada, na medida em que o setor industrial espera que esses profissionais apresentem competências pessoais que transcendam o raciocínio objetivo e quantitativo tradicional dos cursos de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (na sigla STEM, no inglês)¹⁰.

Nesse sentido, espera-se que os estudantes desenvolvam características de liderança e de trabalho em equipe, empreendedorismo e conhecimentos gerais em áreas consideradas não científicas, cujo domínio vem se mostrando, cada vez mais, importante para a formação do engenheiro empreendedor e inovador.

Parte substantiva do diagnóstico atual coincide com documentos produzidos no passado por iniciativas da CNI e de agências de governo, como a Finep¹¹ e a Capes¹². A maioria desses diagnósticos, no entanto, não se consubstanciou em ações imediatas, capazes de concretizar avanços reais na formação dos engenheiros brasileiros.

Recentemente, a Unidade de Estudos e Prospectiva (Uniepro) da CNI promoveu encontro com especialistas de empresas brasileiras, quando foram listadas as principais atividades dos engenheiros no Brasil e incluídas competências, habilidades técnicas e aptidões necessárias (atuais e futuras) a esses profissionais. Essas atividades foram classificadas em três grupos, em ordem decrescente de menções: gerenciamento, atividades técnicas tradicionais e inovação.

As conclusões do encontro corroboram as conclusões apontadas em estudos anteriores, que evidenciam a necessidade de melhoria nas competências interpessoais, na educação básica e na formação técnica e científica, além de indicar a demanda por competências cognitivas, comportamentais, funcionais e técnicas necessárias à inovação, como, por exemplo, raciocínio criativo, crítico e indutivo, empreendedorismo, gestão de risco e capacidade de resolução de problemas.

O propósito primordial do ensino superior de hoje deveria ser, portanto, o de deslocar seu foco do pensamento lógico (cartesiano) para o pensamento criativo, menos teórico e mais experimental, menos abstrato e mais concreto, com ênfase no fortalecimento das habilidades e das competências dos estudantes.

¹⁰ A sigla STEM, em inglês, significa Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, supostamente os principais grupos de uma educação científica abrangente.

¹¹ A Finep - Inovação e Pesquisa - é uma empresa pública vinculada ao MCTI, cujo objetivo é fomentar ciência, tecnologia e inovação em empresas, universidades e institutos tecnológicos. Foi criada em 24 de julho de 1967, para institucionalizar o Fundo de Financiamento de Estudos de Projetos e Programas, criado em 1965.

¹² A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), fundação do Ministério da Educação (MEC), busca ampliar e consolidar os programas de pós-graduação stricto sensu, mestrado e doutorado.

Evasão dos estudantes de Engenharia

Apesar do aumento significativo do número de matrículas nos últimos cinco anos (66%, de 2009 a 2012)¹³, ainda é preciso reduzir a evasão e aumentar a quantidade e a qualidade de graduandos nos cursos de Engenharia do País. No Brasil, apenas 5% dos estudantes anualmente formados no ensino superior são oriundos da área de Engenharia (em 2013, chegamos a 7%), percentual muito menor do que o alcançado, por exemplo, pelos países da OCDE (12%) e a Coreia do Sul (22%)¹⁴.

A elevada taxa de evasão¹⁵ observada nos cursos de Engenharia – bem maior do que a dos cursos de Direito e de Medicina, por exemplo – representa sério agravante desse processo. Deficiências na educação básica dos alunos, aliadas à falta de motivação, provocada por currículos extremamente teóricos, figuram como alguns dos fatores responsáveis pelo problema.

Além de inferior aos EUA e países europeus, o percentual de alunos que concluem seus cursos em cinco anos é particularmente baixo nas escolas brasileiras, sejam elas públicas ou privadas.

13 Censos da educação Superior, INEP.

14 <http://stats.oecd.org/>

15 Taxas de evasão medem o percentual de alunos que abandonam, a cada ano, as escolas. Diferentemente, taxas de graduação medem quantos, de cada 100 alunos, concluem os cursos de graduação, dentro do tempo esperado.

TABELA 4

TAXAS DE GRADUAÇÃO, EM COMPARAÇÃO COM DADOS INTERNACIONAIS

Taxa de Graduação em Engenharia	
Públicas (Brasil)*	57%
Privadas (Brasil)*	37%
EUA**	61%
Europa***	65%

Fonte: *Censo do Ensino Superior (2011); **National Science Foundation (2012); *** Instituto Lobo, baseado em estatísticas da OCDE (2010).

A experiência internacional – e mesmo a brasileira – mostra que, com relação ao corpo docente, o ensino em tempo integral é fator importante para a redução da evasão, em especial quando existe um trabalho focado no aprimoramento das habilidades de ensino, na orientação de alunos e no aperfeiçoamento e atualização dos cursos.

Evasão nos Cursos Superiores Tecnológicos

Segundo o Censo da Educação Superior de 2012, os Cursos Superiores Tecnológicos (CST) contavam com um milhão de alunos – 14% das matrículas do ensino superior no Brasil. Apesar de esse percentual ser ainda considerado baixo, as matrículas nos CST progredem mais rapidamente do que o crescimento médio do ensino superior como um todo. As áreas de Engenharia, Manufatura e Construção correspondem hoje a 9% das matrículas totais nos CST, sendo 90% desses cursos presenciais.

Apesar de as taxas anuais de evasão nos cursos de Engenharia, Manufatura e Construção, calculadas pelo Instituto Lobo, serem mais altas (cerca de 25%) do que as do curso regular de Engenharia, os índices de graduação dos CST são similares, uma vez que cursos superiores de tecnologia duram cerca de três anos.

As razões para o alto índice de evasão dos CST coincidem com as do bacharelado em Engenharia: dificuldades provenientes da falta de domínio dos conteúdos do ensino médio, falta de suporte financeiro adequado e inexistência de programas institucionais para enfrentar a evasão.

De modo geral, tanto no Brasil como no exterior, um estudante de curso tecnológico custa, por ano, aproximadamente 60% do valor despendido com os

estudantes dos cursos tradicionais de Engenharia. Considerando que os cursos tecnológicos são de menor duração (três anos) em comparação com os cinco anos necessários à formação do bacharel, o custo para formar um tecnólogo corresponde a 45% do custo total.

Currículos dos cursos de Engenharia

Segundo estudo conduzido pela UNESCO¹⁶, um profissional apto a enfrentar os desafios do século XXI deveria possuir as seguintes habilidades: empreendedorismo, flexibilidade, capacidade para contribuir com a inovação, criatividade, capacidade de lidar com incertezas, senso de aprendizagem continuada, sensibilidade social e cultural, capacidade de comunicar-se de forma eficaz, de trabalhar em equipe e de assumir novas responsabilidades.

Além disso, o profissional do século XXI deveria dominar outros idiomas e conhecer diferentes culturas.

A maioria dessas competências não está incluída na grade curricular dos cursos de Engenharia no Brasil. Há severas resistências, tanto de professores como de alunos, quanto à incorporação de novas atividades fora do conjunto das chamadas competências técnicas.

A formação do engenheiro para o século XXI tem sido o centro de discussões direcionadas à análise das novas responsabilidades perante a sociedade e a necessidade de adaptação desse profissional às transformações agudas da tecnologia, às novas responsabilidades da profissão e à globalização.

Vale ressaltar que muitas das empresas que despontaram como as mais bem-sucedidas nos últimos dez anos não o fizeram em função da transferência científica ou tecnológica, mas sim em virtude de sua forma de pensar e de se comunicar, o que deve ser refletido nos currículos de engenharia brasileiros.

16 Declaração Mundial sobre Educação Superior no Século XXI: Visão e Ação – 1998, produzida pela Conferência Mundial sobre Educação Superior – UNESCO, Paris.

Especialização prematura

Como a tecnologia avança a passos largos, especializações prematuras correm o risco de tornar o conhecimento profissional restrito e até efêmero, especialmente quando transita em áreas cujas atividades são altamente específicas, em que o uso de uma tecnologia pode vir a tornar-se obsoleto em curto espaço de tempo.

Nesse sentido, o Brasil vive uma situação muito particular, com excessivo número de especialidades de Engenharia, reforçadas pelo arcabouço de sistemas e instituições voltadas para o credenciamento profissional.



**Estratégias para
aperfeiçoar o ensino
de Engenharia
no Brasil**

2



2.1 **INTERNACIONALIZAÇÃO DAS ESCOLAS DE ENGENHARIA**

A internacionalização das escolas de Engenharia brasileiras é importante para a expansão da rede de conhecimentos. “Internacionalizar” as universidades implica intensificar a participação em projetos globais de pesquisa, cuja eficácia será ampliada, devido à maior cooperação. O mecanismo, além de criar referências para avaliar a qualidade das escolas, estimula a necessidade de constante evolução.

Nesse contexto, faz-se necessário atrair talentos internacionais; incluir estudos de idiomas – em especial o inglês – nos currículos; criar incentivos; aproximar o ensino acadêmico do mercado de trabalho; e oferecer aos professores salários mais competitivos.

Importante ressaltar que o envio de estudantes ao exterior traz importantes contribuições para o País, na medida em que o aluno tem a oportunidade de conhecer novas culturas e estabelecer relações profissionais proveitosas e interessantes, resultantes desse intercâmbio.

Especialistas sugerem que enviar professores e pesquisadores brasileiros ao exterior seria mais eficiente do que trazer profissionais de notória especialização para lecionar no Brasil.

Embora ambos os movimentos sejam necessários, estágios no exterior poderão ser mais vantajosos, desde que o visitante brasileiro – estudantes ou professores – seja integrado à rotina do exterior. A limitação à participação restrita em grupos de pesquisa não é, de forma alguma, interessante, pois, nessa condição, estudantes e docentes não estariam expostos às novas tendências de ensino, gerenciamento de atividades docentes, participação de processos de tomada de decisão institucional e estabelecimento de prioridades.

O mesmo raciocínio se aplica a professores visitantes de outros países, cuja experiência educacional seria melhor absorvida se pudessem permanecer por períodos prolongados, participando inclusive de decisões relacionadas ao curso.

Vale destacar o programa de intercâmbio do governo brasileiro *Ciência Sem Fronteiras*, com mais de 70 mil bolsas oferecidas, 55% delas destinadas a programas de Engenharia.

2.2 AMPLIAÇÃO DA QUANTIDADE DE ESTUDANTES EM PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO E DOUTORADO EM STEM

A necessidade de expandir os cursos de pós-graduação na área de Engenharia é essencial. Nos EUA, doutores em Engenharia representam 14% do total de doutores no país – percentual idêntico ao de doutores em ciências; na Coreia do Sul, representam 26% e 12%, respectivamente. No Brasil, 11% do total de doutores provêm da área de Engenharia e 10%, da área de Ciências. Cabe lembrar que, em termos relativos, temos menos doutorandos em Ciências, Computação e Engenharia do que a maioria dos países da OCDE.¹⁷

Quando se fala do número de doutores com atuação na indústria, o quadro deficitário se agrava, uma vez que nossos cursos de pós-graduação estão primordialmente voltados para a carreira acadêmica.

Enquanto 95% dos doutores brasileiros trabalham em universidades, somente 1,7% trabalha em empresas (a média percentual nos países da OCDE é de 18%). Nos EUA, 34% dos doutores atuam no mundo dos negócios e mais de 60% dos doutores em Engenharia trabalham em companhias do setor privado¹⁸.

Os cursos de pós-graduação *stricto sensu* no Brasil são de caráter acentuadamente acadêmico e praticamente passam ao largo de atividades profissionalizantes. A sequência bacharelado-mestrado-doutorado, sem que aos engenheiros seja exigido o desempenho de uma atividade profissionalizante, estimula a experiência acadêmica em detrimento da prática, dificultando, assim, a adaptação aos processos produtivos.

Num cenário ideal, seria reservado aos doutores o trabalho acadêmico de teoria e pesquisa, enquanto deveriam ser proporcionadas aos mestrandos experiências práticas, que incorporassem problemas reais para além do ambiente acadêmico.

A ampliação das matrículas no Mestrado Profissional seria importante passo no sentido de ampliar o número de engenheiros pós-graduados, aptos a atender às demandas do mercado.

17 GeoCapes 2013, *Building a Science, Technology, Engineering and Mathematics Education Agenda*, NGA Center for Best Practices, National Governors Association, December 2011.

18 MCTI Indicadores de CT&I; NSF Science and Engineering Indicators 2014.

2.3 **CONTRATAÇÃO DE PROFESSORES COM SÓLIDA EXPERIÊNCIA ACADÊMICA E PROFISSIONAL**

Para além da qualificação acadêmica, a experiência profissional deve ser também priorizada quando da contratação de professores, visando ao fortalecimento da experiência prática fora dos muros das universidades.

Hoje, a grande maioria dos docentes, ainda que apresente sólido conhecimento teórico, possui pouca – ou quase nenhuma – vivência de mercado. Em função dessa realidade, a experiência acadêmica acaba por acrescentar muito pouco ao setor produtivo ao impossibilitar a necessária conexão entre teoria e prática.

Uma das soluções para minimizar o problema seria a contratação de docentes com alguns anos de experiência de mercado (até recentemente, a Alemanha exigia dos docentes dos cursos de Engenharia de 10 a 15 anos de experiência profissional)¹⁹.

2.4 **ESTÍMULO À COOPERAÇÃO ENTRE UNIVERSIDADE E MERCADO INDUSTRIAL**

Embora o interesse pela interação e cooperação entre universidades e companhias industriais tenha melhorado, o resultado ainda é insuficiente, em especial quando se considera a premente necessidade de aumentar nosso potencial de inovação.

Deve-se, portanto, estimular o maior contato entre universidades e indústria, substanciado no apoio à criação de centros de PD&I nas instituições de ensino superior. Cabe aqui destacar a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii), que, devido à sua dinâmica de operação, reforça essa interação.

¹⁹ Áltan, T.: "Mechanical Engineering Education and Research in US and German Universities", Seminário do German Science Council, 2003

2.5 SISTEMATIZAÇÃO DOS INCENTIVOS PARA ATUALIZAÇÃO DOS CURSOS DE ENGENHARIA

Somente um sólido programa de incentivos visando à atualização dos cursos de Engenharia no Brasil, com envolvimento das lideranças acadêmicas, empresariais e políticas, que contemplem injeção de novos recursos, como aconteceu com a Finep em diferentes períodos e para vários projetos nacionais, e com exigência de resultados seria capaz de modificar o panorama atual no médio prazo. Esse programa contaria com estímulos concretos a projetos capazes de promover as mudanças necessárias, com base em avaliações e propostas de especialistas nacionais e internacionais.

O desempenho dos alunos, a adequação dos conteúdos programáticos e a qualidade dos professores devem ser constantemente monitorados e avaliados. Instituições de ensino, empresas, indústrias e sociedade civil devem conduzir esse processo de aprimoramento a fim de assegurar o contínuo desenvolvimento do sistema de engenharia brasileiro.



Sustentabilidade das mudanças

3

As discussões globais, realizadas nas duas últimas décadas, reforçam a necessidade de se promoverem profundas mudanças, capazes de atender às demandas da sociedade. Essas mudanças deveriam ser sustentadas no longo prazo e atualizadas em conformidade com as novas tendências no setor.

Um exemplo ilustrativo de uma mudança sustentável foi a significativa transformação na gestão de processos e nas ações afirmativas, visando à inserção social, que ocorreram nas universidades norte-americanas e europeias, nas últimas décadas do século XX.

O planejamento, a ampliação da interação com a sociedade, a valorização da gestão e a diversificação de fundos foram alguns dos elementos que se sobressaíram nessa fase de mudanças. As alterações decorreram devido ao custo crescente das universidades, sem a necessária contrapartida dos financiamentos estatais. A Engenharia, por sua natural ligação com o desenvolvimento tecnológico, foi um dos setores mais afetados por esse novo *status quo*.

De acordo com J. Fauvet e N. Buhler em *La Socio-Dynamique du Changement*, existem quatro tipos básicos de mudanças, classificadas segundo o nível de profundidade:

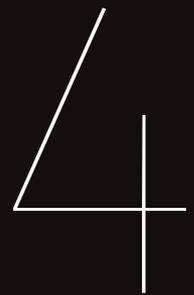
- a) **Regulação:** pequena mudança, com correções pontuais, capazes de fazer com que a instituição prossiga com seus objetivos e processos estabelecidos.
- b) **Reforma:** mudanças em determinados procedimentos e sistemas sem modificações profundas nem mudanças estruturais.
- c) **Reestruturação:** mudança profunda, que modifica as estruturas organizacionais.
- d) **Refundação:** mudança radical, que normalmente resulta na troca da equipe de gestão e funcionários, além de alterar objetivos, estruturas e sistemas.

Importante frisar que não há um único caminho que conduza diretamente à mudança cultural, entendida como a resultante de um trabalho contínuo de implementação de modernizações, capazes de modificar os hábitos da comunidade.

Não adianta somente motivar para alterar comportamentos, os quais só mudarão à medida que as práticas forem implementadas. Nesse sentido, a motivação deve ser seguida imediatamente de ações práticas, para que venha a surtir efeitos positivos nas instituições.



Formação de
engenheiros
no Brasil e no
mundo



4.1 **POR QUE O MUNDO INTEIRO SE PREOCUPA TANTO COM OS ENGENHEIROS?**

Para aumentar o PIB global e o PIB por habitante de um país, é preciso investir, aumentar a produtividade do trabalho – intrinsecamente ligada ao nível educacional da população – e agregar novas tecnologias, entre outros requisitos, como redução da burocracia e melhoria da qualidade da infraestrutura.

Diferentes variáveis que embasam a competitividade estão descritas nos diversos estudos e rankings internacionais de competitividade, nos quais o Brasil se situa em posição bastante desfavorável.

Investimentos maciços, necessários ao crescimento nacional, requerem poupança e mão de obra qualificada, da qual os engenheiros constituem parcela relevante.

Para cada milhão de dólares em investimentos, faz-se necessária a formação de pelo menos um novo engenheiro. Dados sobre investimentos nacionais e número de engenheiros no mercado de trabalho²⁰ permitem corroborar essa afirmação.

Na Tabela 5 a seguir, essa relação é quantificada com base em estatísticas do Banco Mundial e Associação dos Engenheiros Alemanha-Brasil (VDI). A tabela foi construída levando em conta dados relativos aos anos finais da primeira década do século XXI. O resultado demonstra que existe uma relação entre o número de engenheiros em um país e o investimento anual desses países, onde para cada milhão de dólares investido anualmente nos países analisados há cerca de 1,3 engenheiro em média.²¹

²⁰ Dados do Banco Mundial, relativos aos anos finais da primeira década do século XXI.

²¹ Com desvio de 0,5, embora não se possa deduzir desses dados nenhuma relação de causalidade.

TABELA 5

ENGENHEIROS E INVESTIMENTOS

VALORES ESTIMADOS PARA CADA MILHÃO DE DÓLARES

País	Relação	País	Relação
<i>Alemanha</i>	<i>2,08</i>	<i>Hungria</i>	<i>2,23</i>
<i>Áustria</i>	<i>0,57</i>	<i>Irlanda</i>	<i>1,38</i>
<i>Bélgica</i>	<i>0,81</i>	<i>Itália</i>	<i>0,67</i>
<i>Brasil</i>	<i>0,95</i>	<i>Noruega</i>	<i>0,72</i>
<i>Dinamarca</i>	<i>1,03</i>	<i>Polônia</i>	<i>1,32</i>
<i>Eslováquia</i>	<i>0,67</i>	<i>Portugal</i>	<i>1,06</i>
<i>Espanha</i>	<i>0,74</i>	<i>Reino Unido</i>	<i>1,74</i>
<i>Estados Unidos</i>	<i>1,36</i>	<i>República Tcheca</i>	<i>0,74</i>
<i>Finlândia</i>	<i>1,99</i>	<i>Suécia</i>	<i>1,12</i>
<i>França</i>	<i>1,61</i>	<i>Suíça</i>	<i>1,44</i>
<i>Grécia</i>	<i>1,07</i>		
<i>Holanda</i>	<i>1,57</i>		

Fonte: Banco Mundial (2010) e VDI (2010).

A existência de engenheiros e cientistas inovadores está intimamente ligada tanto à inovação, geração e absorção de novas tecnologias como ao incremento da pesquisa e do desenvolvimento, o que aumenta a competitividade na cadeia de valor e resulta na produção de patentes industriais.

A quantidade de engenheiros e a qualidade do que se ensina serão fatores decisivos para preservar o crescimento, ampliar a geração de produtos com alto valor tecnológico e promover maior equilíbrio em nossa balança comercial, altamente dependente da exportação de *commodities*.

No que concerne à quantidade, até recentemente o Brasil formava um número bastante reduzido de engenheiros (30 mil por ano, até 2009) se tomarmos como referência países da OCDE com PIB semelhante ao nosso.

No quesito qualidade, poucos cursos estão em sintonia com a tendência mundial de formar engenheiros com visão empreendedora e inovadora, embora algumas faculdades estejam se mobilizando para incorporar novas demandas, mediante

a atualização de seus currículos. Novas instituições como o Insper²² e o Isitec²³ já apresentam projetos pedagógicos em consonância com as novas tendências internacionais.

Quanto à geração de tecnologia, há pouca interação eficaz universidade-empresa, ocasionando baixo índice de inovação, baixo número de patentes e baixa competitividade internacional nos setores de alto valor agregado.

Investir na formação de novos engenheiros é essencial para manter o ritmo de crescimento de uma nação, razão pela qual se justifica a preocupação generalizada com a quantidade e a qualidade desses profissionais.

4.2 INOVAÇÃO E ENGENHARIA

Competência, treinamento e criatividade, transitando em um ambiente interativo e propício ao desenvolvimento, que resulte na produção bem-sucedida de bens e serviços. Essas são as premissas básicas para que ocorra o processo de inovação.

Nesse sentido, não basta que um país possua um corpo de cientistas e técnicos bem preparados se essa *expertise* não for direcionada para o atendimento e solução das demandas da sociedade.

Também não bastam apenas boas ideias se não houver os requisitos estruturais necessários à sua concretização: base tecnológica, competitividade nacional e internacional, população consciente de suas demandas, existência de fontes seguras de financiamento – o que implica riscos – de centros de pesquisa e desenvolvimento e sua conexão com a produção e comercialização, entre outros.

Embora tenha aumentado significativamente sua produção científica, o Brasil não conseguiu transformar esse conhecimento em crescimento econômico sustentável, na medida em que se valoriza primordialmente a produção acadêmica. Além da falta de estímulos, existem poucos canais que facilitam a transferência do conhecimento para as empresas e a sociedade.

22 O Insper (Instituto de Ensino e Pesquisa) é instituição sem fins lucrativos, reconhecida como referência em Administração, Economia, Direito e Engenharia. Está localizada em São Paulo (capital).

23 O Instituto Superior de Inovação e Tecnologia (Isitec) apresenta uma visão inovadora para o ensino da engenharia nacional, estimulando uma parceria avançada e pioneira entre empresas, instituição de ensino e bancadas de pesquisa. A instituição oferece, desde 2015, o primeiro curso de graduação em Engenharia de Inovação no Brasil.

A colocação do Brasil como produtor de conhecimento, medida por trabalhos científicos publicados, está muito acima dos indicadores de impacto científico ou de patentes. Entre os 50 países cientificamente mais evoluídos, o Brasil ocupa a 13ª colocação em produção acadêmica, mas não passa de um modesto 40º lugar quando se mede o impacto internacional de suas publicações.²⁴

O número de patentes brasileiras por pesquisador é 20 vezes menor do que o resultado obtido em países mais avançados, e o custo de cada patente é cerca de 10 vezes mais elevado. Forçoso reconhecer que não somos um país competitivo e eficiente para transformar pesquisa em valor agregado²⁵.

É provável que o maior pilar para o desenvolvimento bem-sucedido da inovação seja a educação do povo. Povo educado conhece seus direitos, está em sintonia com o que ocorre no resto do mundo, sabe articular suas demandas e exigir bons produtos e serviços das empresas e do governo.

Embora a inovação possa ocorrer em vários níveis de conhecimento científico e tecnológico, as transformações de maior profundidade e alcance ocorrem em patamares de conhecimento e organização elevados, razão pela qual a formação adequada de pessoal de formação superior deve fazer parte dos programas de estímulo à inovação em todos os países que pretendem competir nessa área.

A formação de profissionais para atuar em áreas e projetos inovadores está, normalmente, associada à formação de engenheiros. Ocorre que esses profissionais ainda são orientados em função do paradigma do “como fazer”, *em detrimento* do conceito “o que fazer”. Essa diferença entrava as possibilidades de criação de uma cultura inovadora na formação dos engenheiros.

É importante ressaltar o papel das Ciências Naturais, em especial quando se fala na produção da inovação, tanto por pesquisas próprias como pelo apoio a projetos de Engenharia mais avançados, em que os modernos conhecimentos científicos – como na área de materiais e nanotecnologia, por exemplo – tornam-se essenciais.

Nesse sentido, os grupos de PD&I multidisciplinares estão entre as melhores receitas para o sucesso das políticas de inovação.

Segundo Genrich Altshuller²⁶, vários tipos de inovação²⁷ podem ser hierarquizados, considerando-se o grau de sofisticação:

- a) Elementar: utiliza o conhecimento do homem comum.

24 Ver Scimago Institutions Ranking, 2013.

25 Inúmeras análises realizadas por especialistas nacionais e internacionais, resumidas nas avaliações da competitividade brasileira nos estudos do Fórum Econômico Mundial, corroboram a afirmação.

26 Engenheiro russo que criou o método TRIZ (Teoria do Processo Inventivo para Solução de Problemas), utilizado por várias companhias americanas de ponta.

27 Essa diferenciação é essencial para que se quebre o mito de que “todos” fazem ou podem fazer inovação. A formação de engenheiros é direcionada para as inovações do tipo c e d.

- b) Técnico: associa tecnologia e utiliza princípios científicos e tecnológicos de nível médio.
- c) Superior: utiliza conhecimentos científicos e tecnológicos de nível superior.
- d) Científico: vai além dos conhecimentos existentes e é capaz de construir novos conhecimentos avançados para resolver problemas complexos.

4.3 **PRODUÇÃO TECNOLÓGICA-CIENTÍFICA DA ENGENHARIA BRASILEIRA**

No contexto da criação de novas tecnologias, assim como na produção de artigos científicos, o Brasil está situado em posição muito inferior aos demais países do BRICS, com 572 solicitações de patentes no PCT (Patent Cooperation Treaty) em 2011.

Oportuno lembrar que a obtenção de patentes internacionais é interessante para empresas de médio e grande porte que ambicionam penetrar no mercado internacional. Com base nesse raciocínio, pode-se associar a produção de patentes ao grau de inserção econômica e tecnológica internacional de um país.

No que tange à produção de artigos científicos na área de Engenharia, ficamos em penúltimo lugar entre os BRICS (à frente apenas da África do Sul), ao contrário da produção brasileira na área de Medicina, em que estamos apenas atrás da China.

A Engenharia também conta com um número inferior de PhDs em relação à Medicina, embora tenha mais profissionais formados (630 mil contra 346 mil). Há poucos doutores Engenheiros nas empresas brasileiras – somente 2% do total de doutores residentes no País contra, por exemplo, 60% nos EUA. A grande maioria dos doutores engenheiros brasileiros permanece nas universidades e centros de pesquisa.

Diante da pouca interação entre universidades e empresas, não se pode esperar uma alta geração de patentes. Nossa baixa produção também se deve a pouca penetração da indústria brasileira no mercado internacional de tecnologia. Em estudo do Banco Mundial, o Brasil situou-se na 26ª colocação entre os exportadores de produtos de alta tecnologia, embora seja a oitava economia mundial²⁸.

28 Dados do Banco Mundial High Technology Exports 2012.

Em 2010, as empresas brasileiras que inovaram e diferenciaram seus produtos representavam somente 1,7% da indústria brasileira. Mesmo assim foram responsáveis por 25,9% do faturamento industrial e por 13,2% da geração de empregos²⁹.

Commodities primárias representavam, na mesma época, 40% do total das exportações brasileiras. Produtos de baixa intensidade tecnológica constituíam 18% da nossa pauta de exportações, enquanto os de média e alta tecnologia representavam pouco mais de 30%.

Em âmbito mundial, 60% dos produtos exportados são de média e alta intensidade tecnológica, e a participação de *commodities* na exportação é de 13%. Oportuno lembrar que produtos extrativos são finitos e limitados em volume e tendem a não influir no desenvolvimento de competências na geração de inovações, além de não demandar grandes proporções de mão de obra qualificada.

Segundo o *Índice de Competitividade Global do Fórum Econômico Mundial*, a posição do Brasil vem-se alternando entre o 55º e o 72º lugar, considerando um universo de 140 países, resultado certamente influenciado por nossos baixos índices educacionais.

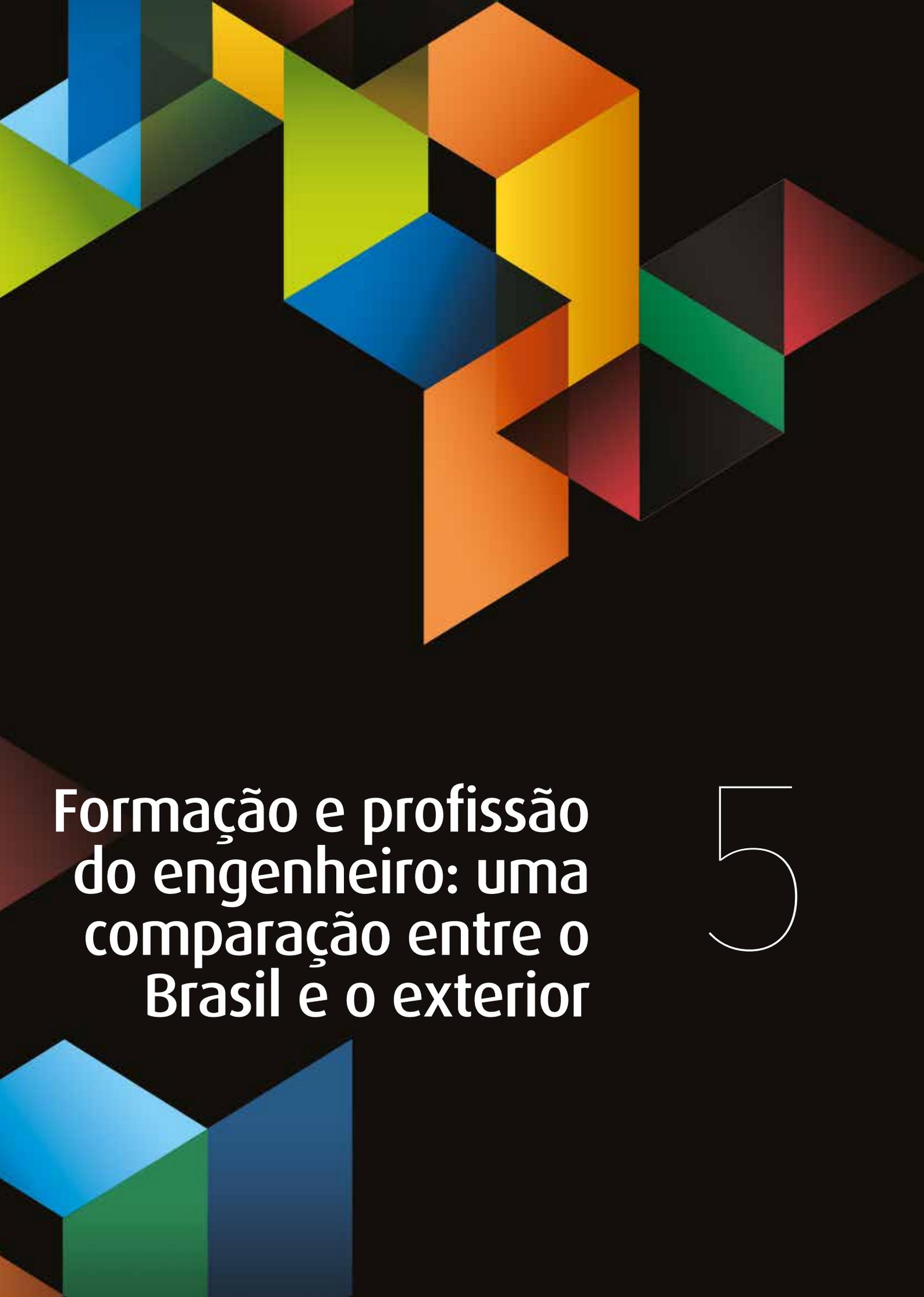
Os exames do PISA corroboram a baixa qualidade da educação brasileira nos temas avaliados pelo teste: Leitura, Matemática, Ciências e Capacidade de Solucionar Problemas³⁰. O resumo desses resultados aparece na tabela a seguir.

TABELA 6		COLOCAÇÃO DO BRASIL NO EXAME PISA		
	<i>Leitura</i>	<i>Matemática</i>	<i>Ciências</i>	
Brasil (Entre o total de 61 países)	51 ^a	54 ^a	55 ^a	
Brasil (Entre 08 países latino-americanos)	5 ^a	5 ^a	6 ^a	

Fonte: OCDE (2012).

29 J. A. De Negri e M. S. Salerno, organizadores, Brasília, IPEA, 2005.

30 Não realizado em 2012.



**Formação e profissão
do engenheiro: uma
comparação entre o
Brasil e o exterior**

5

Estas são as questões essenciais:

- 1) Temos engenheiros suficientes para sustentar nosso desenvolvimento?
- 2) O número de engenheiros é excessivo, haja vista o nível atual e previsível de nossa atividade econômica?
- 3) Nossos engenheiros estão sendo formados nas áreas onde existe maior carência?
- 4) A formação dos engenheiros é voltada às necessidades do profissional do século XXI, principalmente no que diz respeito às competências chamadas horizontais (*soft skills*)³¹ e à capacidade de inovação?

Muitas dessas questões envolvem numerologia. Temos ou não engenheiros suficientes para manter nosso crescimento, ou sua escassez pode ser um entrave ao progresso? O “apagão” na Engenharia foi anunciado no momento em que o Brasil crescia a 7% ao ano, e o número de concluintes dos cursos continuava estacionário.

Depois de amplamente noticiado e discutido, o tema incentivou muitos estudantes a procurar a Engenharia e, conseqüentemente, os índices de evasão diminuíram. Entretanto, com a estagnação do crescimento brasileiro dos últimos anos, retornamos a patamares mais modestos.

Haveria de fato alguma correlação direta entre crescimento ou tamanho do PIB e demanda por engenheiros? Se a resposta for positiva, haveria reflexos somente na necessidade de novos engenheiros ou o processo também se refletiria em profissões afins?

A demanda por cursos de Engenharia segue aproximadamente as oscilações do PIB. Mas isso pode significar somente um reflexo das condições de salário e empregabilidade da profissão, sem ligação com um desenvolvimento real e proporcional da economia.

Há que se ressaltar ainda que o campo de trabalho do engenheiro inovador e empreendedor não se limita ao mercado de trabalho formal, uma vez que esse profissional pode atuar de forma independente, por meio da criação de seu próprio negócio.

Para estabelecer uma relação objetiva entre PIB e número de engenheiros de um país ou região, seria necessário primeiramente definir o melhor critério a ser utilizado para mensurar o número de engenheiros. Já dispomos de um banco de dados, criado com base em diferentes levantamentos: engenheiros formados, engenheiros como mão de obra assalariada e engenheiros em exercício da Engenharia, não necessariamente assalariados.

³¹ *Soft skills* são competências não diretamente ligadas ao conhecimento técnico, mas atributos como capacidade de liderança, conhecimentos de mercado e planejamento, capacidade de trabalho em equipes, conhecimentos de empreendedorismo e de inovação.

Neste estudo, optou-se pelo seguinte critério metodológico: no caso de avaliação do número de engenheiros por região do Brasil em relação ao PIB, serão utilizados os dados da RAIS³². Quando comparados internacionalmente, serão utilizados os dados do Senge-PR³³, considerados mais abrangentes, pois contemplam engenheiros em atividades de Engenharia, não necessariamente assalariados.

Qual é o tamanho real da força de trabalho da Engenharia no Brasil? O estudo do Senge-PR (ver Tabela 8) é o mais abrangente, pois leva em conta diferentes atividades ligadas ao exercício profissional da Engenharia, empregados, gerentes ou engenheiros donos de empresas de Engenharia.

TABELA 7	EVOLUÇÃO DOS ENGENHEIROS NO MERCADO DE TRABALHO			
	2004		2009	
Ocupação	QTD	%	QTD	%
Empregado com carteira de trabalho assinada	175.318	56,01	244.436	57,88
Funcionário público estatutário	24.552	7,84	47.456	11,24
Empregado sem carteira de trabalho assinada	30.037	9,6	30.223	7,16
Trabalha por conta própria	70.527	22,53	81.903	19,39
Empregador	12.257	3,92	16.772	3,97
Não remunerado	310	0,1	1.549	0,37
Total	313.001	100	422.339	100

Fonte: Senge-PR (2004 e 2009).

32 RAIS: Relação Anual de Informações Sociais do Ministério do Trabalho e Emprego.

33 Senge-PR – Sindicato dos Engenheiros do Paraná.

5.1 COMPARAÇÃO ENTRE PROFISSÕES LIBERAIS

A tabela a seguir estabelece uma comparação entre o número de engenheiros e o número de médicos e advogados, profissões liberais de prestígio semelhante.

TABELA 8		COMPARAÇÃO ENTRE PROFISSÕES LIBERAIS		
Fonte	Engenheiros	Médicos	Advogados	
Censo nacional IBGE 2010	630.269	346.294	1.343.808	
Registro em organizações profissionais	639.889 (CONFEA/CREA)	388.015 (CFM)	775.724 (OAB)	
Registros por mil habitantes	3,30	2,00	4,00	
Profissionais com carteira de trabalho – RAIS	227.235	282.127	91.674*	

Fonte: CENSO IBGE (2010), CONFEA (2010), CFM (2010), OAB (2010).

Nota: O item que trata do número de advogados com carteira assinada inclui também os procuradores.

Uma análise mais acurada da tabela permite-nos observar que o número de engenheiros identificados no censo se aproxima muito do encontrado nos registros do CONFEA³⁴ e do CREA³⁵. Relação similar pode ser encontrada entre os médicos, na medida mais de dois terços dos médicos registrados na RAIS também fazem parte do órgão de classe correspondente (Conselho Federal de Medicina – CFM).

No caso dos advogados, o número de formados é bem maior do que o constante nos registros na OAB, o que se explica em função do exame da Ordem, pré-requisito para o exercício profissional (sem registro para exercer a profissão, grande contingente de profissionais se desloca para atividades afins). Menos de 10% dos profissionais de Direito são cadastrados na RAIS, o que só faz reforçar o caráter liberal da profissão.

³⁴ Conselho Federal de Engenharia e Agronomia.

³⁵ Conselho Regional de Engenharia e Agronomia.

Interessante ressaltar ainda a aparente disparidade entre os números do censo e os levantamentos da RAIS, no caso dos engenheiros. É claro que muitos são donos das empresas de Engenharia e consultoria, ou trabalham fora da profissão.

Em outros países, também é grande o número de engenheiros que atuam fora da profissão, uma vez que a formação em Engenharia permite que o profissional exerça uma série de outras atividades no mercado financeiro ou gestão de processos, entre outras atividades.

A Tabela 9 mostra que essa realidade também ocorre em alguns países da Europa.

TABELA 9	PROPORÇÃO MÍNIMA DE ENGENHEIROS TRABALHANDO FORA DA PROFISSÃO
Itália	52,90%
Bélgica	51,10%
Alemanha	4,20%
Grã-Bretanha	25,8%
Espanha	39,50%
Portugal	36,70%
Suécia	54,40%
Holanda	10,80%

Fonte: European Engineering Report (2009).

Devido a nossas dimensões continentais, deve-se também considerar a distribuição regional dos profissionais de Engenharia, confrontada com o respectivo PIB de cada estado da Federação.

TABELA 10

ENGENHEIROS NO MERCADO EM RELAÇÃO AO PIB POR ESTADO

VALORES EM MILHÃO DE REAIS

Estado	PIB	Engenheiros RAIS
Acre	8.477	609
Alagoas	24.575	1.171
Amapá	8.266	320
Amazonas	59.779	2.755
Bahia	154.340	9.589
Ceará	77.865	3.506
Distrito Federal	149.906	5.751
Espírito Santo	82.122	4.200
Goiás	97.576	4.265
Maranhão	45.256	2.410
Mato Grosso	59.600	2.233
Mato Grosso do Sul	43.514	2.023
Minas Gerais	351.381	24.016
Pará	77.848	3.797
Paraíba	31.947	1.859
Paraná	217.290	13.988
Pernambuco	95.187	7.564
Piauí	22.060	1.187
Rio de Janeiro	407.123	32.366
Rio Grande do Norte	32.339	1.947
Rio Grande do Sul	252.483	10.833
Rondônia	23.561	1.118
Roraima	6.341	425
Santa Catarina	152.482	8.092
São Paulo	1.247.596	78.807
Sergipe	23.932	1.529
Tocantins	17.240	875

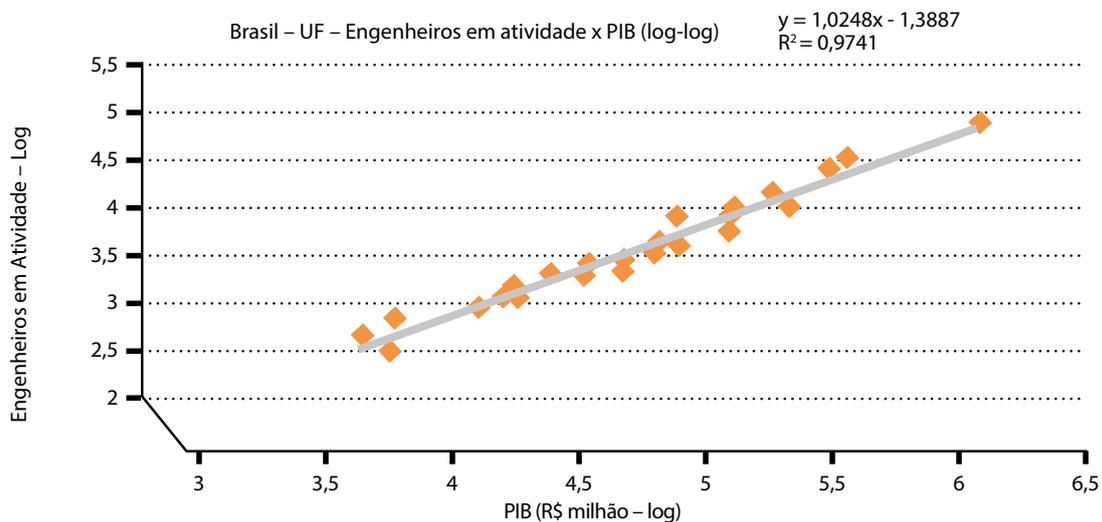
Fonte: RAIS (2010).

No gráfico a seguir, pode-se observar a correlação entre as variáveis PIB e engenheiros por estado, indicando como uma constante a existência de um valor médio do número de engenheiros por unidade de milhão de PIB.

No Brasil, há um engenheiro por cada 10 milhões de reais do PIB, o que dá aproximadamente um engenheiro por 5 milhões de dólares de PIB (pelo câmbio médio do período). Considerando uma taxa média de investimento de aproximadamente 20% do PIB, pode-se estimar que há um engenheiro para cada novo milhão de dólares de investimento, como mencionado anteriormente.

GRÁFICO 1

ENGENHEIROS EM ATIVIDADE E PIB POR UF



Fonte: RAIS (2010).

Fica claro que PIB e número de engenheiros obedecem a uma correlação linear. Se acelerado o crescimento do PIB brasileiro, é provável que a demanda por engenheiros cresça também.

Quanto à formação acadêmica na Engenharia, Medicina e Direito, a Tabela 12 permite-nos chegar a algumas conclusões.

TABELA 11

COMPARAÇÕES ENTRE PROFISSÕES LIBERAIS

Educação profissional	Engenharia	Medicina	Direito
Nomenclaturas de cursos	41	1	1
Matrículas na graduação	489.118	103.312	694.447
Matrículas na pós	26.521	13.094	6.059
Matrículas pós/matrículas graduação	5,50%	12,50%	1%
Evasão anual	16%	1,50%	12%
Relação candidato/vagas	6,37	41,92	3,63

Fonte: MEC/Inep – Sinopse do Ensino Superior (2011 e 2012).

QUADRO 1

PARA ENTENDER MELHOR A QUESTÃO

Existe uma grande pulverização de especialidades na Engenharia, em contraposição à formação única e mais generalista dos médicos e dos advogados.

A procura por Direito é bem maior do que pelas Engenharias. O número bem menor de matrículas em Medicina não deve ser entendido como reflexo da baixa demanda e sim aos obstáculos impostos para a criação de novos cursos e expansão de vagas nos cursos existentes. A relação candidato/vaga (41,92%) é elucidativa nesse sentido.

Com os atuais índices de evasão, formam-se quase três vezes mais engenheiros do que médicos (44 mil engenheiros contra 15 mil médicos). Entretanto, como somente metade dos engenheiros exercerá a profissão – o que não ocorre entre os médicos – o número de profissionais fica muito próximo, confirmando a tendência também observada no exterior.

Enquanto 13% dos Médicos buscam a pós-graduação, somente 5,5% dos engenheiros e 1% dos advogados seguem o mesmo caminho. O fato pode ser explicado pela falta de especialização na graduação, uma vez que, na Medicina, a especialização se dá basicamente na pós. Não é à toa que a publicação internacional de pesquisas brasileiras na área médica supera largamente o número de trabalhos produzidos pela Engenharia.

5.2 MÉDICOS E ENGENHEIROS NA EUROPA, NO BRASIL E NOS EUA

Comparando dados da World Health Organization (Organização Mundial da Saúde – OMS) de 2013 relativos ao número de médicos por mil habitantes³⁶, pode-se concluir que, na maioria dos países, a quantidade de médicos e engenheiros por habitante é similar (0,47 médicos por engenheiro nos países europeus, 0,41 nos EUA e 0,79 no Brasil).

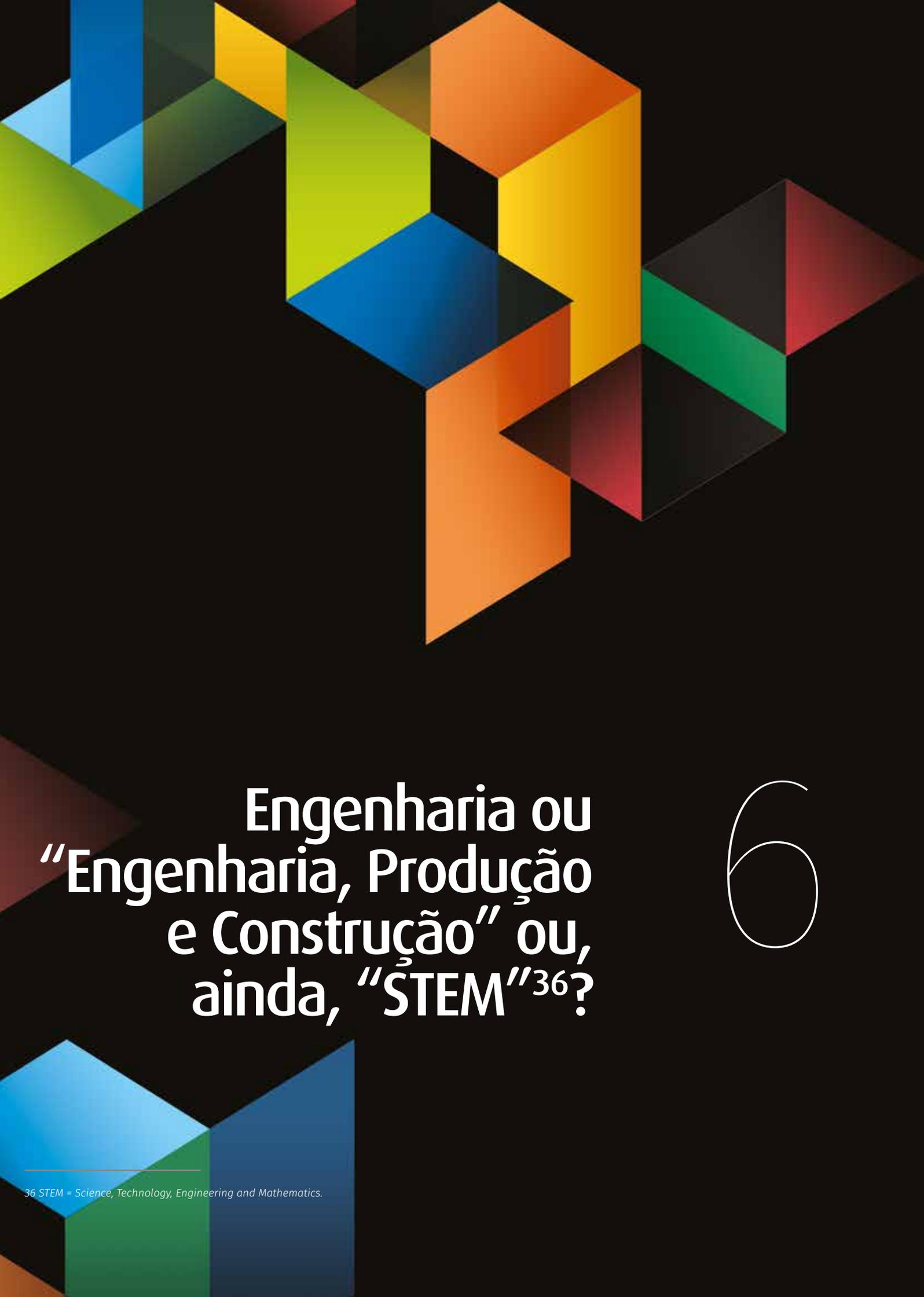
Como o Brasil não tem uma quantidade excessiva de médicos em relação à população, o que levou o governo brasileiro a criar um programa emergencial para o aumento do número de médicos no País, pode-se concluir que, proporcionalmente aos países mais desenvolvidos, há uma carência ainda maior de engenheiros do que de médicos.

A Tabela 13 mostra a relação entre médicos e engenheiros por mil habitantes na OCDE e no Brasil.

Países	Médicos	COMPARAÇÕES ENTRE MÉDICOS E ENGENHEIROS – OCDE E BRASIL	
		Engenheiros no mercado	med/eng
Alemanha	3,69	14,81	0,25
Espanha	3,96	7,01	0,56
França	3,38	11,68	0,29
Itália	3,80	4,42	0,86
Polônia	2,07	6,00	0,35
Portugal	3,75	5,92	0,63
Reino Unido	2,65	10,35	0,26
Suíça	4,08	14,10	0,29
MÉDIA	3,55	9,13	0,47
Estados Unidos (2008)	2,42	8,73	0,28
Brasil (2009)	1,76	2,22	0,79

Fonte: OMS (2011 OCDE (2010), RAIS (2010)).

³⁶ A OMS recomenda o número de um médico para cada mil habitantes.



Engenharia ou “Engenharia, Produção e Construção” ou, ainda, “STEM”³⁶?

6

Quando se deseja comparar dados brasileiros com dados internacionais, não há como desconsiderar realidades heterogêneas, que dificultam a análise, em função dos contextos em que as Engenharias dos países analisados se inserem. Nada na Engenharia mundial é universalmente igual.

Uma das primeiras dificuldades reside na extensão dos cursos. Cursos de Engenharia duram cinco anos no Brasil, quatro nos EUA e três na Europa a partir da implantação do Processo de Bolonha³⁸ na maioria das universidades. No Reino Unido, a redução do número de anos na formação superior é compensada pela duração maior do Ensino Médio (quatro anos). Em países como Inglaterra e Alemanha, o diploma de engenheiro não assegura, automaticamente, a permissão para o exercício profissional.

As nomenclaturas adotadas também dificultam o processo. Na nomenclatura da OCDE (adotada, por exemplo, pelo Inep³⁹), os dados relativos à Engenharia se inserem na área “Engenharia, Produção e Construção”. O mesmo não acontece na Europa, onde os dados relativos à Engenharia fazem parte de um contexto mais amplo, que inclui Agronomia, Tecnólogos e Arquitetos.

Nos EUA, a classificação é outra. Normalmente a Engenharia está associada ao conjunto STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática). O fato de os EUA disponibilizarem muitos dados na classificação de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) representa grande facilitador.

Para efeito da comparação entre Brasil, EUA e países da OCDE, foram analisados dados comparativos da Engenharia e de áreas afins.

TABELA 13

RESULTADOS RAIS 2010 PARA ÁREA DE ENGENHARIA E AFINS

RAIS	Técnicos de nível Superior	Arquitetos	Engenheiros	Soma
Total	60.803	18.634	227.235	306.672

Fontes: RAIS (2010).

Os engenheiros correspondem a 74% dos profissionais dessa grande área cadastrados na RAIS, enquanto o Censo 2010 indica que há 1,022 milhão de profissionais formados nessas áreas, sendo que a Engenharia corresponde a 61% do total de

38 *Numa perspectiva de política educativa, o chamado Processo de Bolonha iniciou-se informalmente em maio de 1998, com a declaração de Sorbonne, e arrancou oficialmente com a Declaração de Bolonha em junho de 1999, a qual define uma série de etapas à reformulação do sistema de ensino europeu no sentido de construir, até ao final da presente década, um espaço europeu de ensino superior globalmente harmonizado.*

39 *Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep).*



profissionais formados. Isso quer dizer que, apesar das deserções, os engenheiros permanecem mais fiéis a sua profissão do que os demais profissionais dessa área.

TABELA 14		NÚMERO DE ENGENHEIROS NO BRASIL		
Engenheiros no Brasil 2010/2009	Engenharia	Engenharia, Produção e Construção	%	
RAIS	227.235	306.672	74,10%	
Censo	630.269	1.022.278	61,65%	
SENGE	422.339			

Fontes: RAIS (2010), CENSO (2010), SENGE (2009).

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA POR ENGENHEIROS

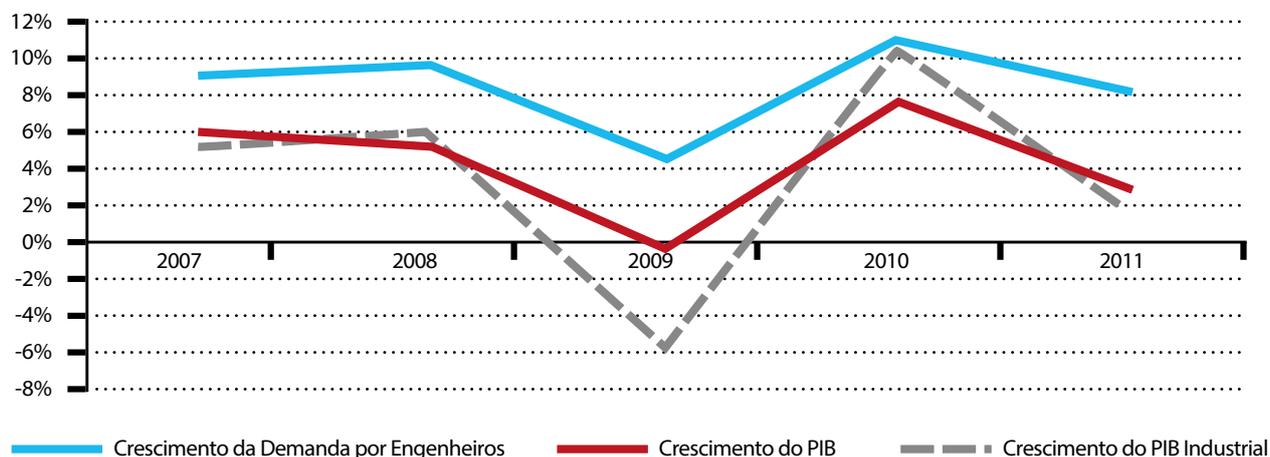
Atualmente, a percepção entre os empresários é de que existe escassez de engenheiros em diversos setores da economia – principalmente nas indústrias –, o que colocaria em xeque a sustentabilidade do crescimento econômico no longo prazo, uma vez que a qualidade do capital humano é considerada requisito indispensável à inovação e à competitividade.

Com base nos dados da RAIS e do Senge, 70 mil novos engenheiros foram inseridos no mercado de trabalho, entre 2006 e 2011, demanda considerada coerente com o crescimento econômico então observado.

Entre 2006 e 2011, o PIB brasileiro cresceu a uma taxa média de 4,3% a.a. Ou seja, para cada 1% de crescimento do PIB, a demanda por engenheiros cresceu em média 2% a.a. Na comparação com o PIB industrial, a demanda (2,4% a.a.) é ainda maior.

GRÁFICO 2

DEMANDA POR ENGENHEIROS E VARIAÇÃO DO PIB



Fonte: CNI.

Dentre as principais características desse avanço, destaca-se a desconcentração da demanda por engenheiros, com maior participação do Nordeste e do Centro-Oeste, como reflexo da dinâmica econômica.

6.2 O PERFIL E A QUALIDADE DOS ENGENHEIROS FORMADOS

No que tange ao perfil dos profissionais de Engenharia, estudo feito pela CNI⁴⁰ aponta, em geral, para um déficit de qualidade nos engenheiros formados no Brasil, considerando que as principais habilidades necessárias aos recém-formados são

⁴⁰ Engenharia e Engenheiros na Vida Socioeconômica Brasileira: Um estudo antropológico – Roberto da Matta – Senai DN – PUC Rio. O estudo envolve tanto pesquisa qualitativa sobre o mercado de trabalho com profissionais de engenharia e acadêmicos (35 entrevistas) e uma pesquisa quantitativa composta por 1.155 entrevistas com estudantes dos cursos de engenharia.

justamente as consideradas essenciais aos processos de inovação implementados pelas empresas.

Entre os principais atributos esperados de um engenheiro que ingressa no mercado de trabalho, podemos citar:

- > aptidão para desenvolver soluções originais e criativas;
- > capacidade de absorver novos conhecimentos de forma autônoma;
- > capacidade de conhecer e operar sistemas complexos;
- > conhecimento de aspectos legais e normativos;
- > espírito de pesquisa para acompanhar e contribuir com o desenvolvimento tecnológico;
- > habilidade de trabalhar em equipe;
- > percepção do que acontece no mercado de sua empresa e capacidade de identificar novos problemas/encontrar soluções;
- > pleno domínio sobre conceitos como qualidade total e preservação ambiental;
- > sólido conhecimento nas áreas básicas – matemática, física, química, computação – e mais recentemente biologia e meio ambiente; e
- > domínio de línguas estrangeiras.

É claramente perceptível a defasagem entre essas habilidades – pouco desenvolvidas nos engenheiros brasileiros – e os atributos considerados relevantes ao profissional talhado para contribuir com a geração de inovação e conhecimento.





**Comparação com
dados internacionais –
EUA e OCDE**



Como se torna difícil estimar a necessidade de engenheiros em um país, a comparação com indicadores internacionais pode colaborar para que possamos esboçar um quadro sobre a proporção de engenheiros no Brasil em relação a outras nações.

Por meio de agências e associações, os EUA fornecem dados relevantes, que serão incorporados aos estudos realizados para a Europa.

7.1 DADOS DA ENGENHARIA – EUA⁴¹

Segundo a NSF⁴², havia em 2010 2.679 mil engenheiros no mercado de trabalho americano (percentual de 8,7 engenheiros por mil habitantes). Desse universo, 1.885 mil tinham o bacharelado, 637 mil o mestrado e 157 mil o doutorado. Enquanto 6% trabalhavam no setor educacional, 12% pertenciam ao governo e 82% trabalhavam em empresas. Entre os engenheiros com doutorado, 64% trabalhavam em empresas.

Embora nos EUA haja menos engenheiros por habitante do que na Europa, é preciso lembrar que os norte-americanos consideram o STEM como um único setor, devido à forte interdisciplinaridade do segmento de P&D. No STEM, trabalham mais de 5,2 milhões de pessoas, o que corresponde a cerca de 17 profissionais por mil habitantes.

⁴¹ *Science and Engineering Indicators (2014).*

⁴² *National Science Foundation (NSF).*

7.2 DADOS DA ENGENHARIA – EUROPA⁴³

Relatório sobre a Engenharia na Europa⁴⁴ apresenta os dados relativos ao número de engenheiros no mercado de trabalho europeu (ver Tabela 16), complementando os dados relativos aos engenheiros brasileiros e americanos no mercado de trabalho.

TABELA 15

ENGENHEIROS NO MERCADO DE TRABALHO (OCDE E BRASIL)

País	Engenheiros no mercado de trabalho (mil)	População (mil)	Engenheiros no mercado (Percentual por mil habitantes)
Alemanha	1213	81.875	14,82
Espanha	322	45.929	7,01
França	753	64.494	11,68
Itália	266	60.193	4,42
Polônia	229	38.153	6,00
Portugal	63	10.632	5,93
Suíça	110	7.801	14,10
Reino Unido	640	61.792	10,36
Média OCDE			11
EUA	2.679	307.483	8,73
Brasil	422	190.755	2,22

Fonte: NSF (2014), European Engineering Report (2010), RAIS (2010).

⁴³ Dados da European Engineering Report (2010), organizado pela VDI, em que são apresentados os dados relativos ao número de Engenheiros no mercado de trabalho de alguns países europeus.

⁴⁴ European Engineering Report (2010).

No *Education at a Glance*⁴⁵ é disponibilizado o número de engenheiros formados em diferentes países da região, a partir de consultas em planilhas estatísticas da OCDE para diferentes anos. Os dados aparecem na Tabela 17.

TABELA 16

ENGENHEIROS FORMADOS POR HABITANTE (OCDE)

País	Engenheiros 2010	População 2010	Engenheiros por mil habitantes
França	1.548	64.496	24,00
Alemanha	3.489	81.875	42,61
Itália	662	60.193	11,00
Polônia	609	38.153	15,96
Portugal	134	10.632	12,60
Espanha	1.586	45.929	34,53
Suíça	288	7.801	36,92
Reino Unido	1.437	61.792	23,26
Média OCDE	559		25,89
Estados Unidos (2008)	3.606	307.483	11,7
Brasil (Engenheiros)	630	190.755	3,31
Brasil (Área de Engenharia, Construção e Produção)	1.022	190.755	5,38

Fonte: OCDE (2010), CENSO IBGE (2010).

A Tabela 18 compara dados da OCDE e dados brasileiros para efeito de comparação entre os países quanto ao número de formados segundo a classificação da OCDE, que enquadra engenheiros na categoria Engenharia, Produção e Construção.

⁴⁵ OECD Statistics – stats.oecd.org.

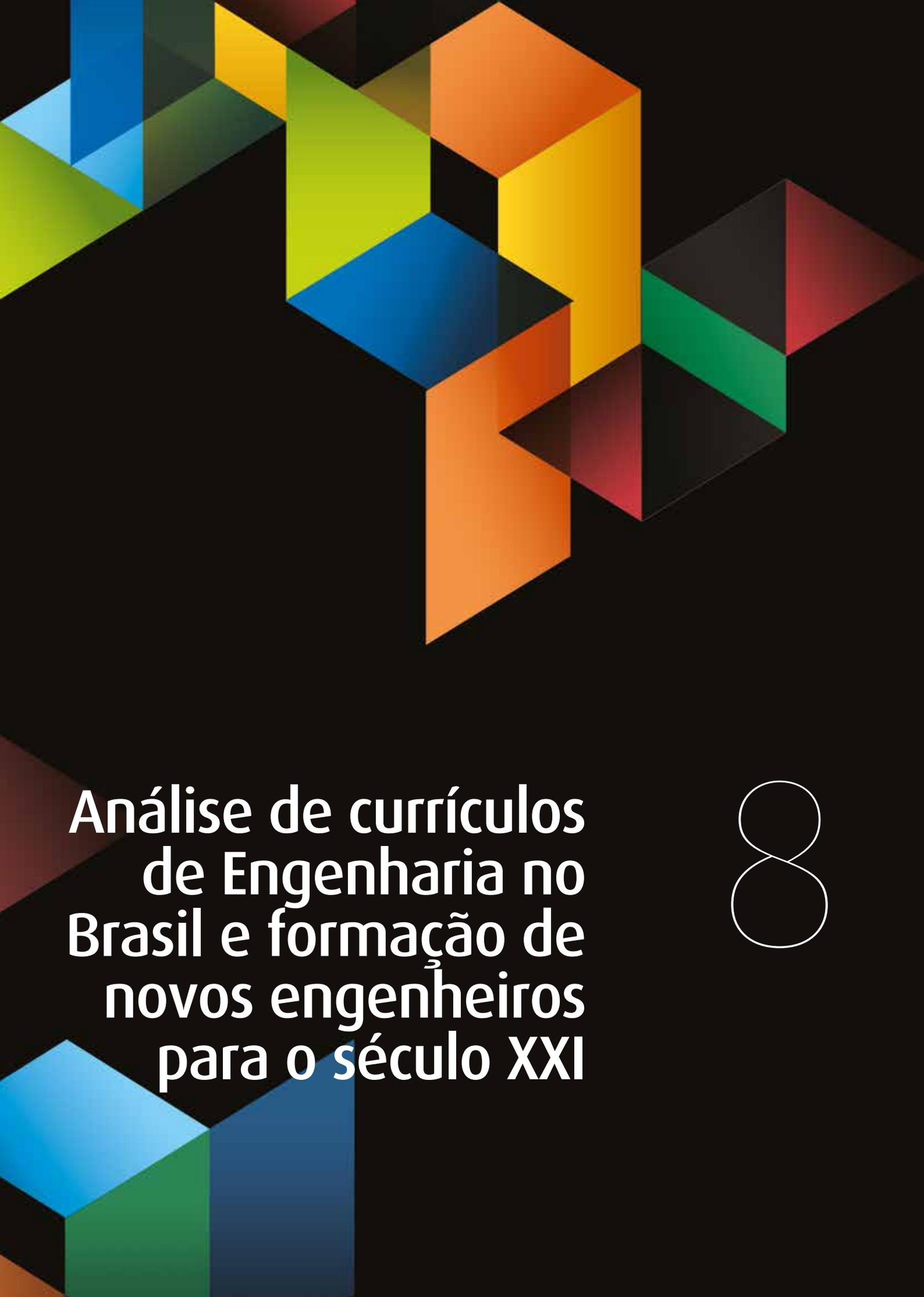
TABELA 17

TOTAL DE ENGENHEIROS FORMADOS EM 10 ANOS NA OCDE E BRASIL

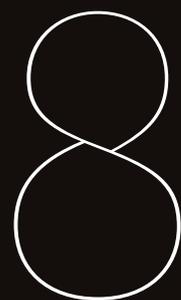
(PERCENTUAL POR MIL HABITANTES)

Países europeus	Engenheiros formados em 10 anos (OCDE)	População	Engenheiros formados em 10 anos / População
Alemanha	415.313	81.875	5,07
Espanha	313.167	45.929	6,82
França	519.685	64.496	8,06
Itália	420.956	60.193	6,99
Polônia	411.912	38.153	10,80
Portugal	108.461	10.632	10,20
Reino Unido	459.812	61.792	7,44
Suíça	45.279	7.801	5,80
MÉDIA			7,55
EUA	1.358.841	307.483	4,42
Brasil			
Engenharia	283.798	190.755	1,49
Área de Engenharia, Construção e Produção	401.350		2,10
Sem Arquitetura	340.090		1,78

Fonte: OCDE (2001-10), Censo da Educação Superior (2001-10).



**Análise de currículos
de Engenharia no
Brasil e formação de
novos engenheiros
para o século XXI**



Visando identificar as tendências da educação superior, a UNESCO apresentou o documento intitulado **Declaração Mundial sobre Educação Superior no Século XXI: Visão e Ação – 1998**, produzido pela Conferência Mundial sobre Educação Superior.

Para atender aos desafios do Século XXI, o profissional deve reunir os seguintes atributos:

- > Estar interessado em aprender ao longo de toda a vida.
- > Possuir sensibilidade social e aptidões para a comunicação.
- > Ser capaz de assumir responsabilidades e de trabalhar em equipe.
- > Ser capaz de lidar com as incertezas.
- > Ser capaz e estar disposto a contribuir para a inovação.
- > Ser empreendedor.
- > Ser flexível e criativo.

Além dessas características, o profissional deverá conhecer diferentes culturas e dominar vários idiomas.

Poucas dessas características são trabalhadas nos currículos brasileiros de Engenharia, havendo forte reação dos professores e alunos quanto à incorporação de novas atividades fora do conjunto dos chamados *hard skills* (conhecimentos científicos e tecnológicos diretamente ligados ao exercício técnico da profissão).

A formação do engenheiro para o século XXI tem sido tema de muitos trabalhos acadêmicos, seminários e ações, voltados tanto à análise das novas responsabilidades dos engenheiros perante a sociedade como à necessidade de adaptação do novo profissional às transformações agudas da tecnologia e às novas responsabilidades da profissão impostas pela globalização.

Praticamente todos são unânimes no entendimento de que a próxima geração de engenheiros terá de desenvolver a inovação pela integração. Para isso, será necessário incluir, em sua formação, questões ligadas ao domínio de sistemas complexos como sustentabilidade, micro e nano sistemas, megassistemas e sistemas vivos.⁴⁶

Deverá ainda ser capaz de projetar/desenvolver produtos, criar, operar e manter sistemas complexos; entender as bases científicas, os contextos econômicos, industriais, sociais, políticos e globais da Engenharia; participar de projetos de pesquisa; e ser capaz de se atualizar permanentemente.

Além disso, precisará saber liderar equipes e planejar estrategicamente a fim de que todos esses requisitos sejam concretizados em projetos viáveis. Complementarmente, conhecer o setor produtivo (desde os tempos de estudante) e desenvolver seu lado empreendedor, se for essa sua vocação.

46 J. Bordogna, "Próxima Geração de Engenheiros: Inovação pela Integração, NSF", Keynote Speech, NSF Engineering Education Innovators' Conference, 1997.

Sem dúvida, o surgimento de estruturas de cursos de Engenharia distintas entre si pode ser encarado como a procura por novas e imprevistas soluções. Uma vez que o modelo antigo se esgote, algumas dessas alternativas terão maior sucesso e indicarão o caminho para a nova formação de Engenheiros para o século XXI. Alguns exemplos recentes são o Olin College, a New Engineering University⁴⁷, entre outros. É uma consequência natural do processo evolutivo.

Com isso, além de ter uma visão mais ampla das “*hard skills*” e da própria Engenharia, o engenheiro deverá ser capaz de trabalhar em equipe, liderar, conhecer idiomas e diferentes culturas – consideradas “*soft skills* da profissão”.

Atualmente, alunos e professores brasileiros não gostam desses *soft skills* – entendidos como “conversa do pessoal de ciências humanas”. Os estudantes tradicionalmente consideram que, se eles foram para a Engenharia, é porque eram bons em matemática e física, sendo essa a parte nobre que precisam utilizar e desenvolver. No entanto, há um claro crescimento da expectativa dos novos estudantes quanto a uma formação mais humanística, eclética e empreendedora.

Os professores, em sua maioria, também não estão dispostos a ceder “preciosas horas de aula da disciplina que ministram há décadas” em prol da introdução de disciplinas não técnicas, o que representa forte obstáculo a qualquer projeto que considere mudanças curriculares.

Em outro contexto, situação semelhante aconteceu com o ensino da Física na primeira metade do século XX.

Com o surgimento da Mecânica Quântica, da Relatividade, da Mecânica Estatística, entre outros conceitos novos e revolucionários, o ensino tradicional de Física não se mostrou suficiente para formar um profissional atualizado.

Os grandes tratados de Mecânica Clássica, Termodinâmica e Análise Matemática tiveram então de ser reduzidos a textos e conteúdos compatíveis com o tempo necessário para a formação de um profissional capaz de dominar, também, os novos conteúdos sem modificar significativamente o tempo total de aprendizado. Perdeu um pouco a Mecânica Clássica? Possivelmente, mas ganharam os novos conteúdos e ganhou a formação global.

Apesar da reação de muitos professores de Física, agarrados às disciplinas tradicionais, a necessária reengenharia dos cursos de Física ocorreu sem retrocessos – e é impensável, hoje, formar-se um Físico que desconheça a Física moderna.

Será que o mesmo não deveria acontecer com a Engenharia? Como serão os melhores cursos de Engenharia, por exemplo, daqui a 50 anos? Da mesma forma, é possível imaginar cursos novos oriundos de velhas e estagnadas estruturas de instituições antigas e tradicionais?

⁴⁷ São instituições recentes nos EUA criadas com o propósito de formar engenheiros com uma visão mais moderna, com ênfase na inovação e na solução de problemas reais.



**Engenharia
no Brasil e
seu reflexo na
capacidade
de inovação**

9

No Brasil, a Engenharia tem sido o principal foco da preocupação com a formação de mão de obra de nível superior para a inovação.

Essa preocupação deu origem ao programa Plano Nacional de Engenharia do MEC/Capes⁴⁸, que partiu de um diagnóstico relativo às necessidades nacionais de engenheiros e às possíveis consequências da baixa produção de formados⁴⁹.

Se antes o que se buscava era o aumento das matrículas em Engenharias, hoje, podemos afirmar que a melhoria da qualidade do ensino e diminuição da alta taxa de evasão dos cursos são as prioridades.

Menos de 50% dos ingressantes em Engenharia formam-se, fato que tem chamado a atenção, uma vez que a evasão reflete-se tanto na qualidade como na quantidade de engenheiros formados.

Embora com exigências semelhantes, nossos cursos de Engenharia no setor privado praticam mensalidades bem menores que os de Medicina, por exemplo, ainda que seus custos devessem, a princípio, ser comparáveis, ou pelo menos aproximados.

Esse fato deve-se ao mercado de trabalho pouco atraente, o que inviabiliza a cobrança de mensalidades mais altas nos cursos de Engenharia do que as praticadas atualmente (mesmo os cursos privados mais caros têm mensalidade inferior à média dos cursos de Medicina), o que implica perda de qualidade do corpo docente e deficiências na infraestrutura desses cursos, em sua maioria, de tempo parcial.

Os números atuais sinalizam para uma solução no curto prazo do problema quantitativo da Engenharia. Mas é preciso lembrar o déficit histórico de engenheiros, uma vez que nossa formação vem se mantendo, há décadas, abaixo das médias dos países industriais. Portanto, o novo fluxo de formação de engenheiros terá de dar conta da nova demanda e, também, do déficit histórico desses profissionais.

É preciso considerar ainda que menos de 50% dos formados efetivamente se engajam na profissão, uma vez que, por conta da formação matemática e científica, muitos profissionais acabam sendo recrutados para outras atividades (como acontece na maioria dos países, em especial nos EUA).

A questão qualitativa deve também ser considerada: o Brasil não tem nenhuma faculdade de Engenharia colocada entre as 50 melhores do mundo nos diversos *rankings* internacionais.

Além da USP, colocada entre as 200 melhores do mundo, contamos com a Unicamp e a UFRJ, classificadas entre as 300 melhores do mundo em Engenharia, o que é muito pouco para um país com as dimensões de nossa economia (Tabela 19).

48 A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) é o órgão do Ministério da Educação responsável pelo reconhecimento e avaliação de cursos de pós-graduação *stricto sensu* (mestrado profissional, mestrado acadêmico e doutorado) em âmbito nacional.

49 Roberto Leal Lobo e Silva Filho – *Jornal Folha de S. Paulo*, 14/12/2009.

Ficamos atrás da Índia, da China e da Rússia e estamos à frente da África do Sul entre os países dos BRICS. No terço superior, estão os Estados Unidos, Reino Unido, Austrália, França e Alemanha, por exemplo.

A Tabela 18 apresenta os *rankings* de países em relação às suas instituições de formação em Engenharia.

TABELA 18

RANKING MUNDIAL DE ESCOLAS DE ENGENHARIA

Faculdades por país entre as 100 melhores	Quantidade de instituições
Alemanha	3
Austrália	8
Brasil	0
China	3
Coreia	3
EUA	28
França	2
Índia	0
México	0
Portugal	0
Rússia	0
Reino Unido	19
Espanha	0

Fonte: QS World University Ranking (2014/15).

O problema da pequena parcela de engenheiros formados e da existência de poucas instituições de primeira linha no Brasil são reflexos claros do longo período de estagnação do País, de um mercado de trabalho deprimido, da formação precária do estudante do ensino básico em matérias ligadas às ciências e à tecnologia e da baixa qualidade de nossa educação superior.

Diante desse quadro, as possibilidades de atendimento às necessidades de desenvolvimento da infraestrutura e do parque industrial, a perspectiva de sermos competitivos internacionalmente por meio de inovações rompedoras e de alcançarmos a autossuficiência são pouco otimistas.

Várias razões nos levam a esse quadro pouco alentador:

QUADRO 2

PARA ENTENDER MELHOR A QUESTÃO

A formação do engenheiro brasileiro não vem acompanhando as novas necessidades profissionais, principalmente no que tange à capacidade de inovação e empreendedorismo no sentido mais amplo.

Há enormes dificuldades para a integração entre faculdades de Engenharia, centros de pesquisa e desenvolvimento e setor produtivo.

Nossa tradição da pesquisa multidisciplinar é baixa.

Não existe exigência de resultados concretos e econômicos no financiamento de P&D (são apenas cobrados relatórios de acompanhamento e descrição de publicações científicas, atividades que pouco impactam a economia do País).

Temos problemas crônicos com infraestrutura, burocracia, política financeira e econômica e questões legais, entre outros, o que se costuma denominar como “Custo Brasil”⁵⁰.

É preciso enfatizar que as faculdades de Engenharia no Brasil não têm se preocupado, em geral, com a formação voltada para a capacidade de inovação, na qual se desenvolvem habilidades pessoais que transcendem a formação objetiva e quantitativa dos cursos tradicionais.

As disciplinas tradicionalmente fora do contexto específico da Engenharia são desprestigiadas e mal recebidas pelos futuros engenheiros – e qualquer metodologia não quantitativa é considerada pouco exata e precária.

Como resultante desse processo, não se desenvolvem as características de liderança e de trabalho em grupo, ou o conhecimento geral de áreas não científicas cujo domínio vem-se mostrando cada vez mais importante para a formação do engenheiro empreendedor e inovador.

⁵⁰ Ver, por exemplo, Samir Dana, “Entenda o que Compõe o Chamado Custo Brasil”, Folha de S. Paulo, 4/11/2013 ou Brazil Cost Wikipedia.

Há, no Brasil, um problema crônico e generalizado quando se trata de laboratórios que lidem com problemas reais e que vão além de meras demonstrações ou análises de erros. Por aqui, dá-se pouca atenção aos resultados científicos capazes de trazer soluções para problemas reais.

Os próprios estudantes queixam-se da baixa relação entre a parte teórica dos seus cursos e a experiência prática.

Pode-se concluir que a formação do engenheiro não relaciona os conceitos fundamentais da ciência e da matemática com a prática da futura profissão. Os estudantes não desenvolvem habilidades em outras áreas que utilizem metodologias diferentes da operacional e numérica na formulação de modelos, não são chamados atenção para a aplicação dos conceitos científicos na possível utilização em futuras inovações e não são colocados diante de desafios práticos e de ambientes que reproduzem o que encontrarão em nossas empresas.

É claro que, em todo o mundo, não se formam apenas engenheiros de ponta, preparados para atuar na fronteira da tecnologia, mas sempre há centros de excelência voltados para esse fim. Nossos centros não estão entre os mundialmente mais reconhecidos, apesar de termos a tendência ufanista de valorizar aquilo que existe aqui, sem compararmos com o que ocorre no mundo.

A criação de um sistema qualificado e diversificado para a formação de engenheiros, com várias e diferentes missões, seria o panorama desejável para o Brasil, principalmente por suas diferentes necessidades, características regionais e estágios de desenvolvimento nas diversas áreas de produção de bens e serviços.

Nossa formação superior deveria estar ligada à aceitação e implementação da diversidade no sistema, à formação de um núcleo de engenheiros de excelência, à montagem de grupos de pesquisa e desenvolvimento multidisciplinares de alto nível, à exigência de gestão competente para a ligação universidade/empresa e à cobrança de resultados eficazes por parte das instituições e de seus financiadores.



Formação de
engenheiros
no Brasil

10

Em meados da primeira década do século XXI, o Brasil era visto como um país em acelerado crescimento, que precisaria investir em infraestrutura e mão de obra qualificada para manter seu ritmo de desenvolvimento. Naquela época, o crescimento de 5% ao ano do PIB para a década seguinte era considerado moderado – e extremamente factível.

Preocupada com o baixo número de engenheiros no Brasil, foi criado um grupo de trabalho com representantes das Engenharias na Capes em 2009 – cujo objetivo era aumentar o número e a qualidade de engenheiros formados, promover o aumento do número de vagas, estimular o apoio ao estudante de Engenharia e, concomitantemente, reduzir a evasão escolar.

A meta era dobrar em cinco anos o número de formados, estimulando a procura, reduzindo a evasão e incentivando a qualidade.

As instituições educacionais responderam prontamente a esse desafio e beneficiaram-se dos incentivos (via maior rapidez na apreciação pelos órgãos reguladores) para criar novos cursos de Engenharia, principalmente no setor privado.

O resultado concreto é que, de 2009 a 2012, o número de ingressantes em Engenharia dobrou e o de concluintes aumentou 40%, percentual semelhante ao crescimento no número de cursos.⁵¹

A Tabela 20 apresenta o quadro do crescimento das Engenharias e do ensino superior brasileiro, comparativamente ao dos demais cursos para o período 2009-2012.

TABELA 19

CRESCIMENTO DAS ENGENHARIAS NO BRASIL

Engenharia	2012	2009	Crescimento
Matrículas	704 mil	423 mil	66%
Concluintes	54 mil	38 mil	42%
Ingressantes	293 mil	150 mil	95%
Cursos	2.800	2.002	40%
Brasil – excluída a Engenharia	2012	2009	Crescimento
Matrículas	5.220 mil	4.693 mil	11%
Concluintes	822 mil	789 mil	4%
Ingressantes	1.911 mil	1.584 mil	21%
Cursos	27.918	25.825	8%

Fonte: Censo do Ensino Superior Inep/MEC (2012).

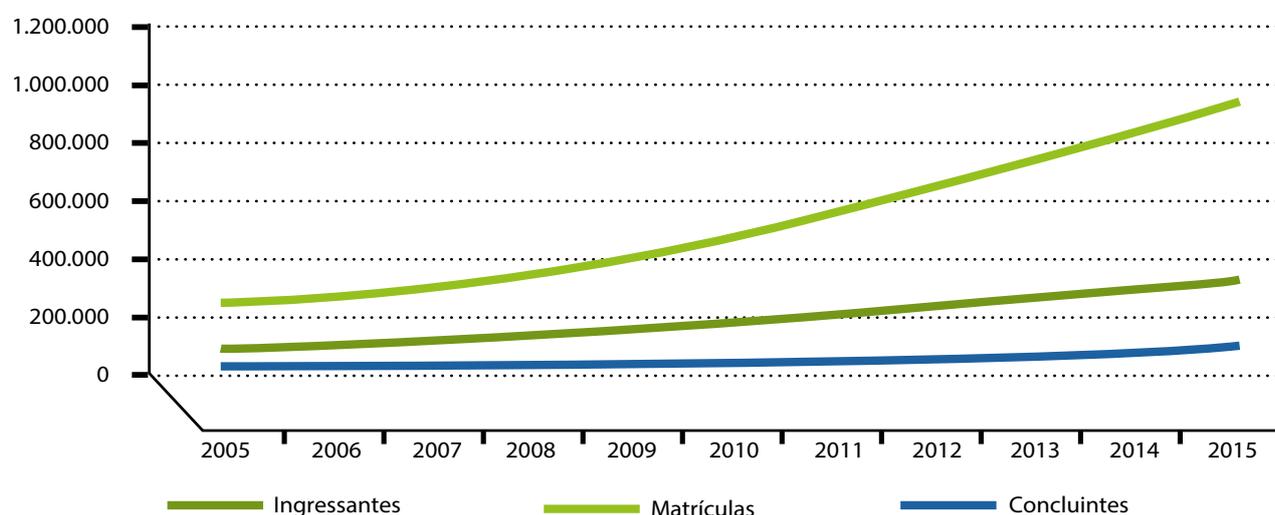
Nota: Enquanto isso, o País estancou seu crescimento nos últimos anos, mantendo-se na faixa entre 1% e 3% ao ano.

⁵¹ Como essa procura aumentou recentemente, ainda não é possível saber se esse crescimento é sustentável, tampouco aferir o resultado acadêmico dos novos alunos, bem como índices de aprovação, evasão e taxa de titulação.

Com base nos dados relativos aos cursos de Engenharia de 2009 a 2012, conclui-se que a área está em acentuado crescimento, com demanda em ascensão e repercussão imediata no crescimento do número de matrículas. Se não houver uma surpreendente redução da taxa de titulação nos próximos anos, pode-se prever um aumento significativo do número de concluintes. **Em 2016, serão, possivelmente, cerca de 90 mil novos engenheiros formados por ano.** O Gráfico 3 ilustra e projeta o crescimento ocorrido no conjunto dos cursos de Engenharia no Brasil a partir de 2008, conforme censo de 2012.

GRÁFICO 3

EVOLUÇÃO DOS CURSOS DE ENGENHARIA NO BRASIL



Fonte: Inep – Censos da Educação Superior.

Diante dessa realidade, é natural que se faça a seguinte pergunta: Será que agora não teremos engenheiros demais nos próximos anos?

Difícilmente! Isso não acontecerá porque o número de engenheiros no Brasil ainda é baixo, se comparado ao de países com PIB equivalente ao nosso. O Reino Unido, com PIB semelhante ao nosso, tem 50% mais engenheiros no mercado de trabalho e formou em dez anos quatro vezes mais engenheiros do que o Brasil, cuja média é de dois engenheiros por mil habitantes, contra uma média de 11 na OCDE.

A Tabela 20 apresenta a comparação entre o número de profissionais formados na área em países da OCDE, agregando Engenharia, Produção e Construção (classificação que o Inep também adota) e que inclui ainda tecnólogos e arquitetos.

Para melhor compreensão, os dados brasileiros na classificação da OCDE e também da Engenharia foram colocados à parte.

Adicionalmente, existem os engenheiros florestais que no Inep estão fora da área de Engenharia, Produção e Construção, e que também foram agregados às Engenharias em geral.

Os dados demonstram que o número de engenheiros formados por milhão de habitantes no Brasil representa menos de um terço da média na OCDE.

TABELA 20

PROFISSIONAIS FORMADOS EM ENGENHARIA

2010	Formados	Formados em Engenharia, Produção e Construção na OCDE por milhão de habitantes
Alemanha	56.438	689
Austrália	19.087	856
Coreia	89.238	1.769
Espanha	36.109	784
EUA	153.426	496
França	54.088	864
Itália	32.719	544
Japão	123.673	970
México	75.988	701
Portugal	14.407	1.355
Reino Unido	55.762	909
Média OCDE		919
Brasil (2012)	<i>Total</i>	<i>Formados por milhão de habitantes</i>
Engenharia	40.505	203
Engenharia, Produção e Construção	57.615	288

Fonte: OCDE (2010) e Censo do Ensino Superior Inep/MEC (2012).



Com certeza, os engenheiros não respondem somente à demanda das empresas, podendo criar novos mercados para si e para o Brasil. Não há motivo, portanto, para se falar agora de excesso de engenheiros em formação.

Entretanto, três considerações são necessárias:

- 1) não se sabe se o crescimento vertiginoso do número de ingressantes repercutirá proporcionalmente no de concluintes, uma vez que a evasão pode crescer devido a problemas com os novos cursos e com a formação prévia dos novos ingressantes;
- 2) engenheiros possuem grande flexibilidade de formação, o que permite que saiam da área específica para atuar em diferentes campos, como gestão em geral, mercado financeiro, informática corporativa etc. No Brasil, como em muitos outros países, mais de 50% dos engenheiros não trabalham na profissão; e
- 3) ainda que consigamos atender às necessidades do País quantitativamente, será que a qualidade da formação atenderá nossas demandas? Essa é a questão mais importante a ser respondida urgentemente.



**Evasão e taxas
de conclusão
de curso na
Engenharia**

11

A Tabela 21, a seguir, apresenta a taxa de titulação da Engenharia no Brasil, calculada pela relação entre os ingressantes em determinado ano e os concluintes em uma data que corresponda à integralização mínima do curso (cursos de cinco anos têm ingressantes no ano N e concluintes no período mínimo de integralização dos cursos no ano N+4).

Observar-se-á que a taxa de titulação no Brasil é constante, tanto no setor público como no privado – exceto por pequena variação anual maior nos ingressantes de 2005 no setor público. Oportuno ressaltar que o setor privado vem conseguindo melhorar suas taxas de titulação, embora ainda sejam inferiores às observadas no setor público (ver tabela a seguir).

TABELA 21		TAXAS DE TITULAÇÃO DOS CURSOS DE ENGENHARIA NO BRASIL		
Ingresso e conclusão	Públicas	Privadas	Total	
2003/2007	56%	36,74%	44%	
2004/2008	54%	36,56%	43%	
2005/2009	60%	41,44%	48%	
2006/2010	56%	41,68%	47%	
2007/2011	56%	37%	43%	
Média	57%	38%	45%	

Fonte: Censo Educação Superior (2011).

Enquanto a faixa média de titulação é de 45% no setor público, o percentual despenca para 38% no setor privado.

Na Tabela 22, são indicadas as taxas de titulação para alguns bons cursos de Engenharia do Brasil. Importante observar a grande diferença entre as taxas de conclusão entre os bons cursos públicos (gratuitos) e os privados (pagos).

TABELA 22

TITULAÇÃO DOS MELHORES CURSOS DE ENGENHARIA BRASILEIROS

IES públicas	Taxa de titulação (%)
Universidade Estadual de Campinas	70
Universidade de São Paulo	79
Instituto Tecnológico de Aeronáutica	100
Instituto Militar de Engenharia	99
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	61
IES privadas	
PUCRS	43
Universidade Presbiteriana Mackenzie	48
PUC-Rio	57
PUCPR	32

Fonte: Instituto Lobo (2013) e Censo do Ensino Superior Inep/MEC (2012).

A Tabela 23, a seguir, apresenta a taxa de titulação de universidades de primeira linha de outros países, onde a evasão é muito menor.

TABELA 23

TITULAÇÃO NAS MELHORES UNIVERSIDADES DO MUNDO

IES	Taxa de titulação (%)
HARVARD	98
STANFORD	95
BERKELEY	91
CAMBRIDGE	98
MIT	94
CALTECH	88
COLUMBIA	94
PRINCETON	96
CHICAGO	92
OXFORD	98

Fonte: Instituto Lobo (2013).

Hoje, sabe-se muito pouco sobre as taxas de evasão nos cursos de Engenharia no Brasil. Seria interessante que houvesse estudo dos órgãos de governo e especialistas, objetivando a coleta de dados perante instituições de ensino superior e Inep. Além de ajudar a reduzir a evasão, esse estudo traria informações importantes para a própria reformulação do ensino.

TABELA 24

EVASÃO DOS CURSOS DE ENGENHARIA NO PERÍODO 2010/2011

EVASÃO NAS IES⁵¹ PÚBLICAS	EVASÃO NAS IES PRIVADAS	EVASÃO NAS IES TOTAL
7%	21%	16%

Fonte: Censo Educação Superior (2011).

No entanto, com base em fatores diagnosticados no exterior, em estudos sistemáticos sobre a evasão, pode-se inferir as principais razões para evasão tão alta nas instituições privadas, conforme discriminado a seguir:

- > custo elevado da mensalidade dos bons cursos privados (acima de R\$ 2.000,00);
- > alta demanda do tempo do estudante, devido a atividades de laboratórios, estágios e projetos;
- > falta de formação básica em ciências e matemática, na maioria dos egressos do ensino médio;
- > falta de formação e motivação da maioria dos professores, para lidar com alunos com deficiências de formação; e
- > precariedade nos quesitos atendimento e atenção ao aluno.

Um Programa Nacional deveria estimular as instituições a formular projeto integrado e sistemático de combate à evasão, com diagnóstico, ações e metas e posterior avaliação em suas consequências concretas.

Como a inovação não depende somente da existência de bons engenheiros, mas de trabalhos de grupos multidisciplinares – com a presença de cientistas e matemáticos em condições de enfrentar desafios ligados a inovações mais arrojadas – é importante considerar como anda a evasão na formação de profissionais nessas áreas.

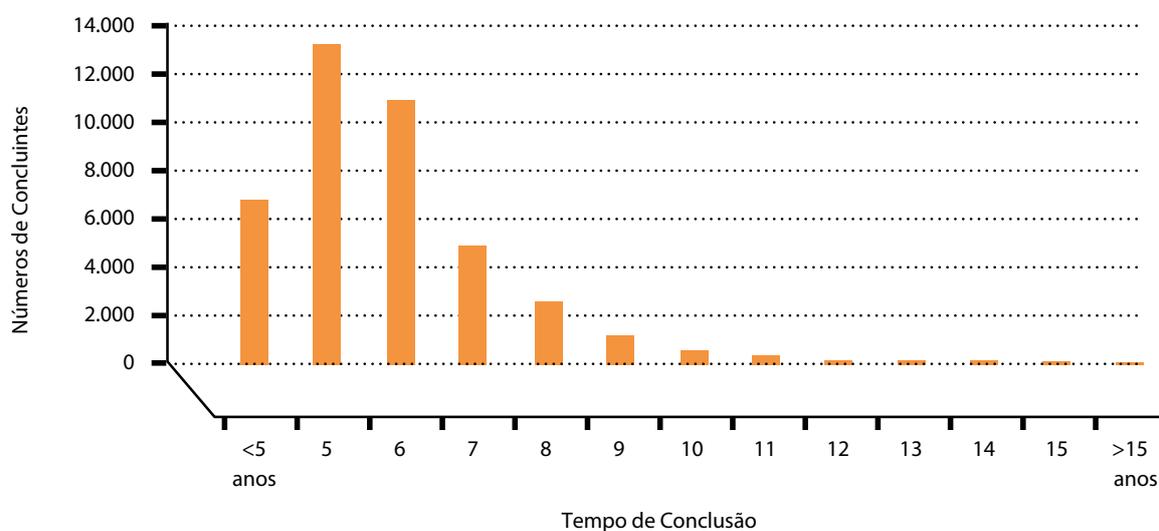
52 IES – Instituições de Ensino Superior.



Somente 11% dos estudantes levam mais de sete anos para se formar. A grande maioria ou abandona o curso (55%) ou se forma em até sete anos (41%). Isso representa forte indicador do papel das universidades na atenção aos ingressantes, para evitar que reprovações gerem evasão (ver Gráfico 4).

GRÁFICO 4

TEMPO PARA CONCLUSÃO DO CURSO DE ENGENHARIA*



Fonte: Censo do Ensino Superior Inep/MEC (2012).

No Brasil, cerca de dois terços das matrículas no ensino superior estão no setor privado, cujos cursos, em sua quase totalidade, são oferecidos em tempo parcial, mesmo nas melhores universidades.

Os cursos em tempo integral são oferecidos por quase todas as universidades públicas, que absorvem não mais de 33% das matrículas.

Segundo dados de 2014 da *Higher Education Statistics Agency Limited*, 80% dos estudantes do Reino Unido estudam em tempo integral, cifra que atinge mais de 90% nos EUA, conforme levantamentos do *National Center for Education Statistics* (NCES).

A dedicação do aluno e a possibilidade de atividades além da sala de aula crescem muito para o aluno em tempo integral, o que explica a existência maior de experiências práticas (*hands on*) nos cursos de Engenharia dos EUA do que no Brasil.



**Pulverização
prematura de
especialidades na
formação e exercício
profissional (MEC e
CONFEA) e revisão
curricular com foco
na inovação**

12

Os levantamentos a seguir tratam dos principais problemas dos cursos de Engenharia no quesito pulverização e adequação curricular, com base:

- > na resolução CONFEA 218/1973, na análise de 258 especialidades de Engenharia (CONFEA, 2010);
- > na especialização prematura, ainda nos primeiros anos.

A tendência mundial é a de formar, na graduação, profissionais generalistas, deixando para a pós-graduação, *lato* ou *stricto sensu*, o aprofundamento em determinada especialidade, como já ocorre na Medicina e no Direito⁵³.

Na Engenharia, seria interessante que houvesse um início de especialização, decorrente de estágios curriculares obrigatórios, da possibilidade de cursar disciplinas optativas – reforçando o conhecimento em áreas específicas –, da realização de Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs) ou ainda da participação em projetos desenvolvidos ao longo de sua formação graduada.

Se fosse necessária uma transição paulatina, poder-se-ia defender a divisão em seis ou sete especialidades – conforme consta na resolução 218 do CONFEA, na qual se definiu a atribuição e as especialidades profissionais dos engenheiros.

Na Europa, até recentemente, os diplomas de Engenharia eram obtidos nas áreas de Engenharia Biológica, Civil, Mecânica, Elétrica, Eletrônica, Informática, Mecânica e Metalúrgica. Para a graduação de Engenharia no Brasil, essas oito áreas já não seriam suficientes?

Numa época em que se valoriza tanto a mobilidade estudantil e as oportunidades de bidiplomação – para as quais a Europa vem fazendo amplos estudos de integração – o que nossa Engenharia ganha com tantas especialidades?

A tecnologia tem avançado muito rapidamente, e uma especialização prematura pode reduzir os conhecimentos para atuação profissional a áreas altamente específicas (e, portanto, restritas e até efêmeras) que usam tecnologia potencialmente obsoleta no curto prazo.

Além do problema da especialização precoce das Engenharias, o próprio ensino de Engenharia no Brasil, nos moldes como hoje é concebido, prejudica até mesmo a qualidade da formação básica do engenheiro.

Para subsidiar a discussão sobre a modernização dos projetos pedagógicos, é importante ter em mente o que se discute no resto do mundo.

Em 2006, o IEL publicou documento denominado “INova Engenharia”, que, além de fazer uma análise profunda da necessidade de modernização do ensino de Engenharia no Brasil, sugere várias medidas para reverter esse processo.

53 A excessiva especialização dos cursos de graduação de Engenharia brasileiros não tem resultado em maior procura pela pós-graduação, tampouco reduzido a evasão escolar.

Segundo o documento:

A formação oferecida pela maior parte dos cursos de Engenharia instalados no Brasil ainda deixa muito a desejar. A despeito dos avanços e de ilhas de excelência, boa parte dos cursos ainda forma engenheiros com conhecimento técnico apenas razoável, com lacunas de conhecimentos específicos e com poucas habilidades práticas.

Por serem cursos implementados basicamente pela via verbal e literária, as habilidades práticas só chegam a ser aprendidas nos primeiros empregos, fato que tem dificultado, inclusive, o acesso dos recém-formados ao mercado de trabalho.

Além disso, também se observa na formação de boa parte dos Engenheiros um nível precário de conhecimentos gerenciais, administrativos, sociais e ambientais, o que é especialmente grave quando constatamos que a maior parte dos Engenheiros acaba assumindo funções gerenciais entre 5 e 7 anos depois de formados.

Mais adiante, no mesmo documento, descreve-se a opinião das empresas sobre engenheiros e instituições de ensino de Engenharia. As piores avaliações concentraram-se em habilidades e experiências fora da área técnica específica: liderança, habilidade gerencial, espírito empreendedor, comunicação eficaz e conhecimento de áreas correlatas:

Embora bem avaliados por representantes de 120 grandes e médias empresas, escolhidas entre as líderes dos principais setores, os engenheiros formados no País vêm deixando a desejar justamente nas novas habilidades exigidas pelo mercado de trabalho. Ou seja, eles têm boa formação técnica, mas demonstram dificuldades em atitudes empreendedoras, capacidade de gestão, de comunicação, de liderança e trabalho em equipes multidisciplinares. Nesses quesitos, cada vez mais cruciais, tanto as indústrias como a academia entendem que a defasagem é crescente.

O trabalho da CNI corrobora documentos e encontros da Abenge⁵⁴ e do Cobenge⁵⁵, que têm repetido o mesmo diagnóstico e apresentado proposições semelhantes. O problema tem sido transformá-las em ações concretas, capazes de alterar o atual cenário.

Acrescente-se a essas dificuldades a pouca ligação entre teoria-prática e o pequeno envolvimento com problemas reais que exijam atitudes inovadoras.

Quanto à adoção de novas metodologias de ensino, tais como o PBL (*Problem Based Learning*) e o *Project Based Learning*, além de *Outcome Based Education* e *Inverted Classroom Approaches*, pouco se avançou nessa direção.⁵⁶

54 Associação Brasileira de Educação de Engenharia.

55 Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.

56 A metodologia do PBL enfatiza o aprendizado autodirigido, centrado no estudante. Grupos de até 12 estudantes reúnem-se com um docente (tutor ou facilitador) duas ou três vezes por semana. O professor não "ensina" da maneira tradicional, mas facilita a discussão dos alunos, conduzindo-a quando necessário e indicando os recursos didáticos úteis para cada situação. O *Project Based Learning* é semelhante, mas voltado para a elaboração de projetos reais. *Inverted class room approach* é uma abordagem de aprendizagem mista que utiliza palestras, conteúdos e atividades assíncronas em um ambiente de aprendizagem online. Os alunos devem preparar-se antecipadamente para as atividades em sala de aula, conforme orientações do instrutor.



Pós-graduação
e pesquisa

13

A interação entre pós-graduação e pesquisa é considerada indispensável à boa formação universitária. Essa tese tem fundamento, uma vez que professores e estudantes envolvidos em pesquisa buscam permanentemente a atualização de conhecimentos, capaz de gerar um saudável clima de inquietação intelectual próprio de uma universidade.

Pesquisa e pós-graduação normalmente interagem fortemente e são mutuamente dependentes. No entanto, algumas instituições com alto padrão de ensino de graduação (como o Olin College⁵⁷ e as Academias Militares, nos EUA, o ITA e o IME, no Brasil) não possuem pós-graduação ou pesquisa, ou não se caracterizam pela excelência dessas atividades.

13.1 PÓS-GRADUAÇÃO

Formalmente implantada no Brasil na década de 1970, a pós-graduação cresceu rapidamente, apoiada no financiamento da Finep concedido à época.

Nas últimas décadas, o crescimento tem sido significativo, principalmente no que concerne aos programas de doutorado.

Em 1996, a Capes criou o Mestrado Profissionalizante, como incentivo à formação mais prática de profissionais pós-graduados, dispensando as dissertações acadêmicas, que poderiam ser substituídas por patentes, licenças ou outros resultados tecnológicos de impacto, reduzindo-se assim as exigências de titulação do corpo docente e valorizando a presença de profissionais de mercado nas comissões de julgamento dos trabalhos realizados pelos graduandos.

No entanto, por pressões da comunidade acadêmica, esses mestrados não podem receber bolsas institucionais da Capes, cabendo às empresas, junto às quais os alunos desenvolverão seus trabalhos, o ônus de qualquer financiamento. É óbvio perceber que essa decisão constitui um entrave ao crescimento do programa.

⁵⁷ O Olin College foi criado em 1997, pela F.W. Olin Foundation com a visão e recursos institucionais para ser uma colaboradora importante para o avanço da educação em Engenharia nos EUA e no mundo. Até hoje, Olin não possui departamentos nem professores com estabilidade, nem pós-graduação procurando fazer com que os estudantes envolvam-se desde o início em projetos criativos e integrados.

No que tange à área tecnológica, seria de se esperar uma presença bem mais forte dos mestrados profissionalizantes, mais aplicados e estreitamente vinculados às empresas e ao mercado.

Os dados atualizados da pós-graduação em Engenharia constam da tabela a seguir:

TABELA 25		EVOLUÇÃO DAS MATRÍCULAS NOS PROGRAMAS DE PÓS		
Ano	Mestrado	Doutorado	Mestrado profissional	
2008	12.914	7.255	2.087	
2009	13.545	7.979	2.297	
2010	14.359	8.722	2.336	
2011	14.504	9.432	2.585	
2012	14.674	9.946	2.696	
2013	14.900	10.600	2.909	
Crescimento médio	2,9%	7,9%	6,9%	

Fonte: Scimag

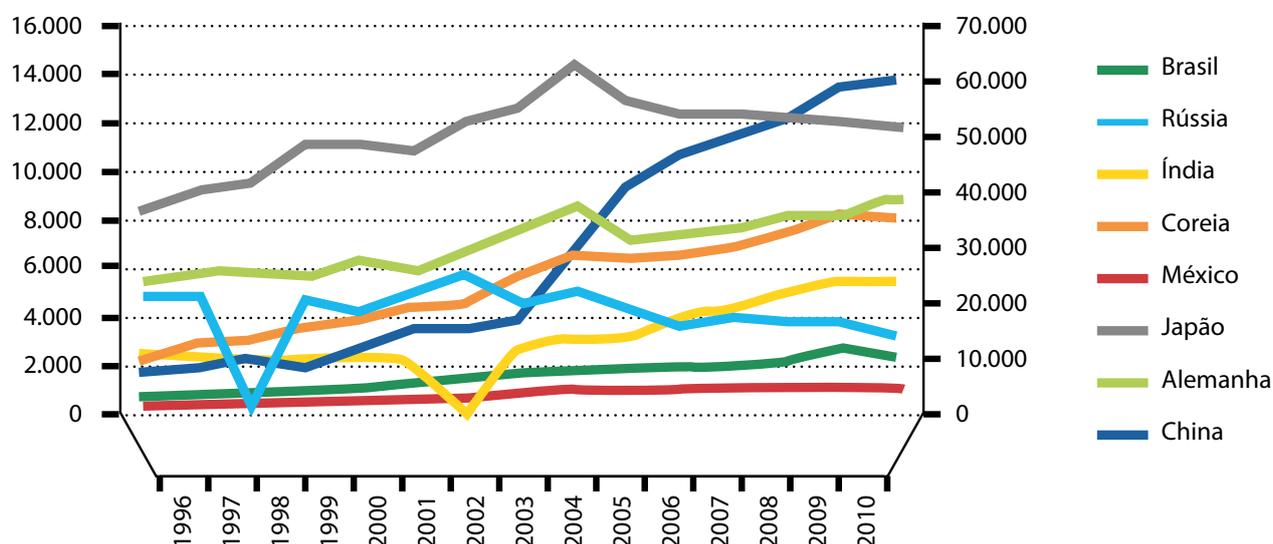
Fonte: Capes (2015).

13.2 PRODUÇÃO CIENTÍFICA

A produção científica de artigos em periódicos especializados na área de Engenharia, em alguns países selecionados entre 1996 e 2010, é apresentada no gráfico a seguir. Nele, a escala da China é a da direita devido à grande produção (60 mil publicações em 2010).

GRÁFICO 5

ARTIGOS INDEXADOS EM ENGENHARIA NOS PAÍSES



Como se pode perceber, o Brasil está em penúltimo lugar entre os países selecionados. Visando à melhoria e modernização da Engenharia brasileira, torna-se imperioso discutir o papel da pós-graduação e da pesquisa nesse processo, como melhorar essas atividades nas faculdades de Engenharia, ou como obter a excelência no ensino sem que a pós-graduação *stricto sensu* esteja presente em algumas faculdades que optarem por não desenvolverem atividades de pós-graduação *stricto sensu*.



**Propostas
preliminares ao
aperfeiçoamento das
Engenharias**

14



Na visão da Mobilização Empresarial pela Inovação, as propostas a seguir poderão fortalecer os cursos de Engenharia no País.

14.1 **APRIMORAR A QUALIDADE DE ENSINO**

- a) **Criação de programa vigoroso de incentivo à modernização dos cursos de Engenharia no Brasil** que conte com estímulos concretos a projetos capazes de introduzir as mudanças necessárias de forma sustentável, com base em avaliações e propostas de especialistas nacionais e internacionais. Os resultados dos cursos de Engenharia e a qualidade dos profissionais devem ser monitorados e avaliados. Esse acompanhamento deve ser feito pelas instituições de ensino, seus financiadores, indústrias e toda a sociedade, de forma a aprimorar continuamente o sistema de Engenharias no Brasil. Cada instituição deverá criar seu plano de ação dentro do planejamento estratégico global, com ênfase na solução de problemas locais, sem prejuízo de outras atividades.
- b) **Aumento da integração entre os cursos de Engenharia e o setor produtivo** incluindo, necessariamente, a equipe de empresas na formulação de currículos, a interação de alunos com empresas por meio de estágios, o treinamento de empresas para receber alunos, a avaliação de ex-alunos e sua capacitação em relação ao mercado de trabalho, bem como o incentivo à criação de centros de pesquisa tecnológica, associados a faculdades de Engenharia.
- c) **Criação de um programa de redução da evasão de estudantes nos cursos de Engenharia**, contemplando a utilização e a atualização do Projeto Pró-Engenharia da Capes, por meio da criação de grupo de trabalho permanente para estudar as razões da evasão nas Engenharias, unificar a metodologia de cálculo e criar um programa de financiamento a medidas de combate à evasão para instituições públicas e privadas. O projeto incluiria ainda estudos relativos às causas da evasão, propostas para combater o problema e metas a serem atingidas, no período de três a cinco anos.
- d) **Integração entre graduação e pós-graduação** com estímulos à formação continuada de estudantes de graduação, em sintonia com o mestrado profissionalizante, por meio da introdução na graduação de disciplinas e atividades opcionais ou complementares.

- e) **Reavaliação das diretrizes curriculares da Engenharia**, devido à pulverização existente nas áreas de especialização e à forma como o ensino de Engenharia desenvolve-se nos Estados Unidos e na Europa. Diante da crescente internacionalização do ensino superior, é necessário revisitar a legislação de nosso ensino de Engenharia, de modo a compatibilizar nossa grade curricular com os modelos de ensino oferecidos internacionalmente.
- f) **Priorização dos cursos de mestrado profissionalizante em Engenharia**, com a exigência de participação em projetos conjuntos com empresas, valorização e apoio ao mestrado profissional e concessão de bolsas aos estudantes. Em outra medida, os mestrados acadêmicos deveriam ser direcionados àqueles que pretendessem seguir a carreira acadêmica.
- g) **Criação de um programa para apoiar escolas de Engenharia em ações realizadas com escolas de ensino médio e fundamental (públicas e privadas)**, para incentivar o espírito lógico e a capacidade de inovação do estudante que faz parte desses níveis de ensino.
- h) **Criação de área de pós-graduação em Educação em Engenharia**, visando à implementação e avaliação de medidas que impulsionem a educação de engenheiros no Brasil com qualidade, tais como formação de um banco de dados confiável, análise de boas práticas de ensino em termos nacionais e internacionais e acompanhamento de projetos direcionados para mudanças.
- i) **Implementação de programa de internacionalização da equipe acadêmica das escolas de Engenharia e estímulo à meritocracia** mediante a criação de projeto de apoio financeiro e facilidade para a fixação de professores estrangeiros no Brasil e reavaliação da carreira acadêmica, para atender a peculiaridades do professor/pesquisador/inovador não contempladas na legislação brasileira. As metas criariam incentivos aos melhores professores – além de facilitar a cooperação com órgãos externos – incentivando as IES a inovar e participar dos resultados de desenvolvimento de Pesquisa e Desenvolvimento, com mudanças de naturezas trabalhistas e regulatórias.
- j) **Avaliação e classificação**, mediante a criação de um programa de avaliação internacional dos principais cursos. O processo seria precedido pela visita de especialistas internacionais, que conduziriam uma avaliação global da Engenharia no Brasil e fariam propostas de avanços na formação de engenheiros. Nesse caso, seria interessante criar um grupo de estudos, com a missão de comparar a experiência brasileira com as melhores práticas internacionais no ensino de Engenharia.
- k) **Posicionar cinco faculdades de Engenharia entre as cem melhores faculdades do mundo em 15 anos**, visando à capacitação do pessoal acadêmico, publicação de trabalhos técnicos e científicos e produção de licenças e patentes.

14.2 CATALISAR A INOVAÇÃO

- a) **Estímulo à pesquisa associada a governo e empresas**, de modo a estimular e apoiar a criação de centros de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), o que permitiria à equipe acadêmica trabalhar com problemas reais baseados em demandas do governo e de empresas, fazendo uso de suas competências acadêmicas para resolver problemas e treinar alunos de graduação e pós-graduação na prática da Engenharia.
- b) **Incentivo a projetos de inovação** desenvolvidos por equipes de estudantes, com orientação de professores e engenheiros que trabalham em empresas.
- c) **Criação e financiamento de rede de suporte nacional para pequenos e médios empreendedores**, com a ampliação de programas de respostas técnicas para PME e incentivo a projetos com conteúdo inovador, desenvolvido pelas IES, com a utilização da competência instalada nas diferentes instituições e contando com a participação de empresas juniores ou equipes de estudantes, orientadas por professores e técnicos.

14.3 DESENVOLVER MÃO DE OBRA E TREINAMENTO TÉCNICO

- a) **Aumentar a opção pelos Cursos Superiores Tecnológicos (CST)** por meio de incentivos e avaliação profissional – sobretudo em áreas relacionadas à Engenharia – com apoio do ensino online em determinadas regiões, a fim de alcançar 30% do total de matrículas no ensino superior em cinco anos.
- b) **Desenvolver mecanismos para criação de um programa de trâmite rápido** entre técnicos, cursos superiores de tecnologia e bacharelados em áreas de tecnologia, por meio do reconhecimento de habilidades adquiridas em cada nível de treinamento.
- c) **Envolver empresas de diferentes áreas** na formação do projeto pedagógico de carreiras profissionais e na avaliação dos cursos de Engenharia.



Referências



BANCO MUNDIAL. Indicators. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/indicador>>. Acesso em: 19 julho 2015.

CLARK, Burton R. Sustaining Change in Universities: Continuities in Case Studies and Concepts. Berkshire, England: Open University Press, 2004.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES). Estatísticas. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://geocapes.capes.gov.br/geocapesds/>>. Acesso em: 18 julho 2015.

KERR, Clark. Os usos da universidade. Brasília: Universidade de Brasília, 2004.

Committee on the Engineer of 2020. Educating the Engineer of 2020: Adapting Engineering Education to the New Century. Washington: The National Academies Press, 2005.

BRASIL. INEP. Censo da Educação Superior, 2012. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/web/ceenso-da-educacao-superior>>. Acesso em: 19 julho 2015.

UNESCO. Declaração Mundial sobre Educação Superior no Século XXI: Visão e Ação. Paris, 9 de outubro de 1997.

DAMATTA, Roberto. Engenharia e engenheiros na vida socioeconômica brasileira: um estudo antropológico. Brasília: SENAI/DN, PUC Rio, 2013.

LYNTON, Ernest A.; ELMAN, Sandra E. New priorities for the university. San Francisco: Jossey-Bass Publ, 1987.

IEL. Inova engenharia propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil. Brasília: IEL/NC, SENAI/DN, 2006.

NEGRI, J. A de; SALERNO, M. S. (Orgs). Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras. Brasília: IPEA, 2005.

TIRONI, Luis Fernando. Qualidade da inovação na indústria: explorando os dados da PINTEC. RADAR: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior, Brasília, n.16, abr. 2011.

IBGE. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 julho 2015.

BORDOGNA, Joseph; FROMM, Eli; ERNEST, Edward. Engineering Education: Innovation Through Integration, " Journal Of Engineering ", January, 1993.

FAUVET, J; BUHLER, N. La sociodynamique du changement. Paris: Les editions d'organization, 1992.

SALMI, Jamil. The Challenge of Establishing World Class Universities. Washington: World Bank, 2009.

KOTTER, John P. Liderando a mudança. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

MCTI. Indicadores de Ciência e Tecnologia. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/>>

[index.php/content/view/740.html](#)>. Acesso em: 19 julho 2015.

THE NATIONAL CENTER FOR EDUCATION STATISTICS. Disponível em:<<https://nces.ed.gov/>>. Acesso em: 19 julho 2015.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. Science and Engineering Indicators. Disponível em:<<http://www.nsf.gov/statistics/seind/>>. Acesso em: 19 julho 2015.

OCDE. Education at a Glance 2013. Disponível em:<[http://www.oecd.org/edu/eag2013%20\(eng\)--FINAL%2020%20June%202013.pdf](http://www.oecd.org/edu/eag2013%20(eng)--FINAL%2020%20June%202013.pdf)>. Acesso em: 19 julho 2015.

OCDE. Patent databases. Disponível em:<<http://www.oecd.org/sti/inno/oecdpatentdatabases.htm>>. Acesso em: 19 julho 2015.

OCDE. Skills for innovation and research. Disponível em:<<http://www.oecd.org/sti/inno/skillsforinnovationandresearch.htm>>. Acesso em: 19 julho 2015.

OCDE. Programme for International Student Assessment (PISA). Disponível em:<<http://www.oecd.org/pisa/>>. Acesso em: 19 julho 2015.

QS TOP UNIVERSITIES. Disponível em:<<http://www.topuniversities.com/>>. Acesso em: 19 julho 2015.

MILLER, Richard. From the Ground Up: Rethinking Engineering Education for the 21st Century. Disponível em:<http://www.olin.edu/sites/default/files/union_college_from_the_group_up.pdf>. Acesso em: 19 julho 2015.

THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. Achieving excellence in engineering education: the ingredients of successful change. Disponível em:<<http://www.raeng.org.uk/publications/reports/achieving-excellence-in-engineering-education>>. Acesso em: 19 julho 2015.

SCIMAGO. Journal & Country Rank. Disponível em:<<http://www.scimagojr.com/>>. Acesso em: 19 julho 2015.

THE GLOBAL INNOVATION INDEX. Disponível em:<<https://www.globalinnovationindex.org/content.aspx?page=GII-Home>>. Acesso em: 19 julho 2015.

WORLD ECONOMIC FORUM. The Global Competitiveness Report 2012-2013. Disponível em:<http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2012-13.pdf>. Acesso em: 19 julho 2015.

UNESCO. Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development. Disponível em:<<http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001897/189753e.pdf>>. Acesso em: 19 julho 2015.

VDI. European Engineering Report. Disponível em:<https://www.vdi.de/uploads/media/2010-04_IW_European_Engineering_Report_02.pdf>. Acesso em: 19 julho 2015.

DIRETORIA DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA – DIRET

Rafael Esmeraldo Lucchesi Ramacciotti

Diretor de Educação e Tecnologia

Julio Sergio de Maya Pedrosa Moreira

Diretor Adjunto de Educação e Tecnologia

IEL/NC

DIRETORIA DE INOVAÇÃO – DI

Gianna Sagazio

Diretora de Inovação

GERÊNCIA DE PROMOÇÃO DA INOVAÇÃO – GPI

Luís Gustavo Delmont

Gerente de Promoção da Inovação

Daysa Santos

Débora Carvalho

Denise Silva

Igor Cortez

Leonardo Fernandes

Equipe Técnica

DIRETORIA DE COMUNICAÇÃO – DIRCOM

Carlos Alberto Barreiros

Diretor de Comunicação

GERÊNCIA EXECUTIVA DE PUBLICIDADE E PROPAGANDA – GEXPP

Carla Gonçalves

Gerente-Executiva de Publicidade e Propaganda

André Augusto Dias

Produção Editorial

DIRETORIA DE SERVIÇOS CORPORATIVOS – DSC

Fernando Augusto Trivellato

Diretor de Serviços Corporativos

ÁREA DE ADMINISTRAÇÃO, DOCUMENTAÇÃO E INFORMAÇÃO – ADINF

Maurício Vasconcelos de Carvalho

Gerente-Executivo de Administração, Documentação e Informação

GERÊNCIA DE DOCUMENTAÇÃO E INFORMAÇÃO – GEDIN

Mara Lucia Gomes

Gerente de Documentação e Informação

Alberto Nemoto Yamaguti

Normalização

Roberto Leal Lobo e Silva Filho

Consultoria



mei

MOBILIZAÇÃO EMPRESARIAL
PELA INOVAÇÃO



Confederação Nacional da Indústria

CNI. A FORÇA DO BRASIL INDÚSTRIA