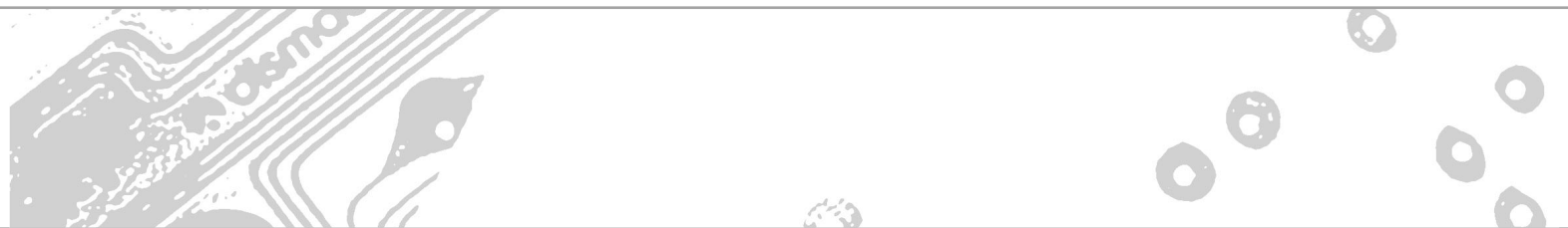


# **OS DESAFIOS ATUAIS PARA A FORMAÇÃO DOS ENGENHEIROS BRASILEIROS**

*Agamenon R. E. Oliveira*



O45d

Oliveira, Agamenon R. E.

Os desafios atuais para a formação dos engenheiros brasileiros / Agamenon R. E.  
 Oliveira. - Rio de Janeiro: Federação Interestadual de Sindicatos de Engenheiros, 2007.  
 (Cadernos Fisenge; 3)

Inclui bibliografia  
 ISBN 978-85-

1. Engenharia - Estudo e ensino - Brasil. 2. Tecnologia - Estudo e ensino - Brasil. 3.  
 Formação profissional - Brasil. 4. Engenheiros - Brasil. I. Federação Interestadual de  
 Sindicatos de Engenheiros (Brasil). II. Título. III. Série.

07-2855.

CDD: 620.007

CDU: 62:37.02

25.07.07 26.07.07

002846

## **FISENGE - FEDERAÇÃO INTERESTADUAL DE SINDICATOS DE ENGENHEIROS**

### **Diretoria Executiva**

Presidente – Olimpio Alves dos Santos - RJ  
 Vice-Presidente – Carlos Roberto Bittencourt - PR  
 Secretário Geral – Antônio Dias Vieira - MG  
 Tesoureiro – Roberto Luiz de Carvalho Freire - PE  
 Relações Sindicais – Paulo Cesar N. Granja - RJ  
 Diretor Executivo – Fernando Elias Vieira Jogaib - VR  
 Diretor Executivo – Ubiratan Félix Pereira dos Santos - BA  
 Diretora Executiva – Alméria Vítória Carniato - PB  
 Diretor Executivo – José Ezequiel Ramos - RO

### **Diretoria Executiva Suplente**

Pietro Valdo Rostagno - ES  
 Rosivaldo Ribeiro - SE  
 Luiz Dal Farra - SC  
 Agamenon Rodrigues de Oliveira - RJ  
 Carlos Roberto Aguiar de Brito - PE  
 Marcos Ferreira Pimentel - BA  
 Ulisses Kaniak - PR  
 Valdemir Aparecido Pires - RO  
 Vicente de Paulo Alves Lopes Trindade - MG

### **Conselho Fiscal**

Carlos Alberto Joppert - MG  
 Eduardo Medeiros Piazero – SC  
 Gilson Luiz Teixeira Néri - SE

### **Conselho Fiscal Suplente**

Rogério Ramos - ES  
 Rolf Gustavo Meyer - PR  
 João Thomaz Araújo Ferreira da Costa - VR

### **SINDICATOS FILIADOS**

Sindicato dos Engenheiros da Bahia  
 Sindicato dos Engenheiros no Estado do Espírito Santo  
 Sindicato dos Engenheiros no Estado de Minas Gerais  
 Sindicato dos Engenheiros no Estado do Paraná  
 Sindicato dos Engenheiros no Estado da Paraíba  
 Sindicato dos Engenheiros no Estado de Pernambuco  
 Sindicato dos Engenheiros no Estado do Rio de Janeiro  
 Sindicato dos Engenheiros no Estado de Rondônia  
 Sindicato dos Engenheiros no Estado de Sergipe  
 Sindicato dos Engenheiros na Cidade de Volta Redonda (RJ)  
 Seagro-SC - Sindicato dos Engenheiros Agrônomos de Santa Catarina

## REPENSANDO O ATUAL MODELO

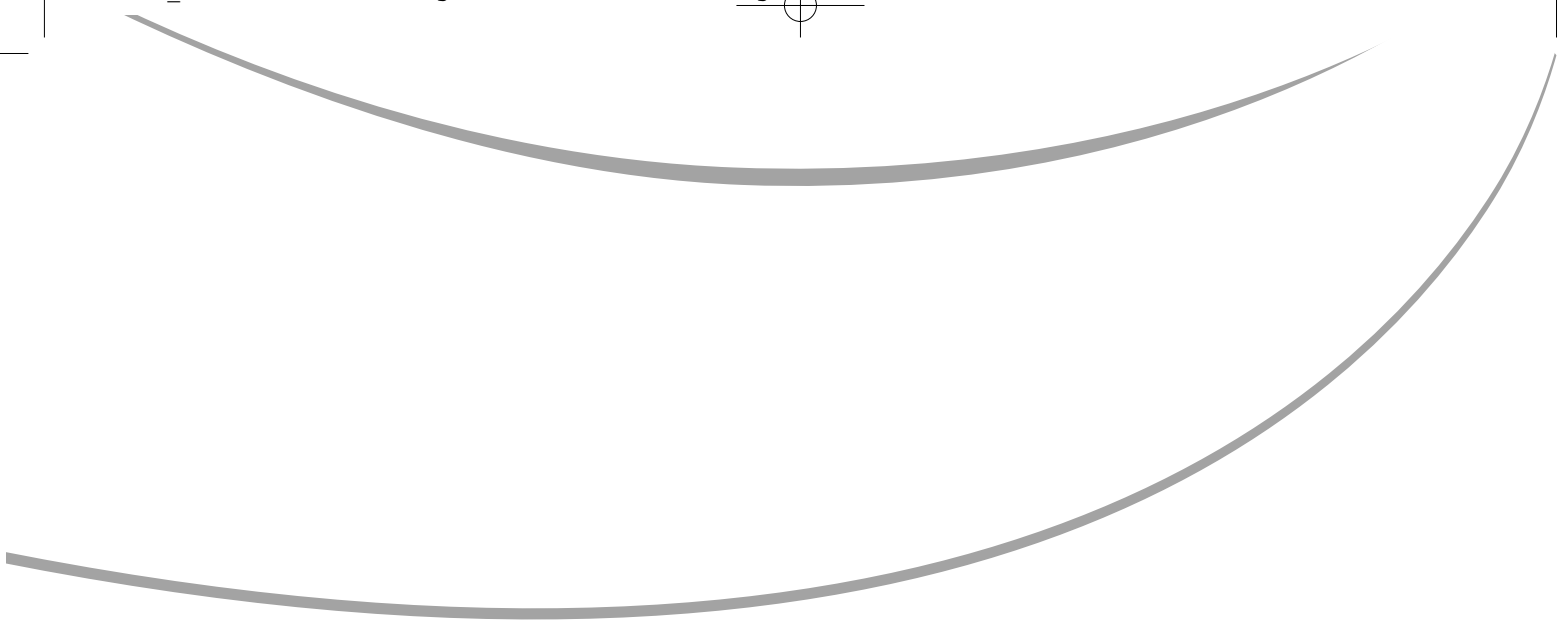
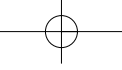
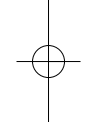
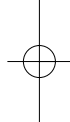
O texto que ora entregamos aos alunos, professores de Escolas de Engenharia e ao público em geral tem como objetivo repensar, face as profundas mudanças no panorama científico e tecnológico atual, o chamado modelo politécnico e que tem servido como paradigma para a formação dos engenheiros até o presente.

É necessário que se entenda que este modelo é oriundo da própria Escola Politécnica de Paris fundada em 1794 pela Revolução Francesa vitoriosa. Nossa Escola Politécnica, a primeira a ser fundada no Brasil, foi profundamente influenciada por sua homônima parisiense e adotou praticamente todos os seus cânones.

O quadro no qual se desenvolvem tanto as ciências como a tecnologia nos dias de hoje mudou profundamente inclusive seus reflexos e sua difusão por toda a sociedade. Além de uma sólida formação científica, como propugnavam os fundadores da Escola Politécnica de Paris, é necessário que as Escolas de Engenharia coloquem a questão da inovação como questão central para a formação dos novos engenheiros.

Isto implica em mudanças significativas no ambiente dessas escolas e uma busca incessante pela aproximação das Escolas do aparelho produtivo onde a tecnologia é gerada, sem que a Universidade perca sua identidade e se submeta aos ditames do mercado. São as questões suscitadas por esta problemática que a publicação *Os Desafios Atuais para a Formação dos Engenheiros Brasileiros* discute.

**Diretoria da Federação Interestadual de Sindicatos de Engenheiros**



## **SUMÁRIO**

**07 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

---

**08 O CENÁRIO INTERNACIONAL**

---

**10 A FORMAÇÃO DOS ENGENHEIROS NO BRASIL**

---

**12 CIÊNCIA E ENGENHARIA**

---

**15 ENGENHARIA E TECNOLOGIA**

---

**18 AS MUDANÇAS NECESSÁRIAS**

Uma reavaliação entre teoria e prática

Uma aproximação entre Universidade e setor produtivo

Estimular uma maior participação dos alunos no processo de aprendizagem

Reeducar também os educadores

Pesquisa cooperativa e em rede

Responsabilidade social e compromisso com a ética

---

**22 CONCLUSÕES**

---

**23 REFERÊNCIAS CONSULTADAS**

O objetivo principal desta publicação é tentar, face às mudanças ocorridas no mundo do trabalho nos últimos anos, levantar questões e problemas criados para a formação dos engenheiros neste novo contexto.

## OS DESAFIOS ATUAIS PARA A FORMAÇÃO DOS ENGENHEIROS BRASILEIROS

### CONSIDERAÇÕES GERAIS

O contexto social, econômico e político onde os engenheiros são chamados a atuar vem mudando a uma velocidade espantosa, principalmente se observarmos o que aconteceu no mundo do trabalho a partir dos anos 80. As novas tecnologias, o exponencial crescimento do uso da informática nos mais variados setores da sociedade, o aumento de importância das telecomunicações, uma verdadeira revolução na biotecnologia, tudo isso alterou em profundidade os processos de trabalho e até nossas representações do mundo físico. O mercado de trabalho para os engenheiros passou a englobar amplos setores de serviços inclusive na área financeira, tendo sido acompanhado por uma forte terceirização incluindo parte dos sistemas de gerenciamento e da produção, com grande

repercussão na forma de atuar dos engenheiros.

Se tivermos em conta que o engenheiro é o elemento-chave no processo de condução das inovações tecnológicas aos setores econômicos da sociedade, além de também ser ele o responsável pelas formas como os novos conhecimentos são difundidos e apropriados pelo aparelho produtivo, veremos quanto é importante discutir a sua formação. Não é por acaso que todas essas mudanças fizeram surgir novos cursos, outras habilitações e tipos diversos de modalidades e especializações sempre se colocando a necessidade de adaptar os cursos existentes à nova realidade, bem como reciclar os engenheiros mais antigos.

Também como uma consequência da necessidade de se discutir uma nova formação para os engenheiros surgiram várias novas instituições para cuidar

academicamente do tema, cresceu o número de congressos e conferências no Brasil e no exterior ampliando-se os espaços de debate. Muitos programas governamentais dedicados ao ensino de engenharia foram criados como o PRODENGE/REENGE e diversos acordos internacionais foram firmados com a finalidade do reconhecimento de diplomas ou credenciamento de títulos.

Se de um lado olharmos a enorme obra de engenharia que tem que ser feita mudando-se em profundidade os cursos de engenharia, do outro a velocidade com que isto tem que ser feito torna essa situação dramática. Para tanto basta atentarmos para o fato que na década que vai de 1996 a 2005 o PIB brasileiro cresceu somente de 22,4 % enquanto a economia global se expandiu a uma taxa de 45,6%,

acarretando um avanço da renda per capita média no mundo de 2,6 % e no Brasil essa renda só cresceu em 0,7 %. Se permanecermos nesse ritmo de crescimento em relação a economia internacional, enquanto o PIB per capita mundial leva três décadas para duplicar, o Brasil levará um século. Faz-se necessário, portanto, além de um esforço concentrado no sentido da sua superação um sentido aguçado em descobrir as estratégias a serem utilizadas.

Neste sentido, este documento pretende contribuir, levantar problemas e discutir algumas questões fundamentais a serem enfrentadas.

Isto somente será alcançado através de esforço conjugado de vários setores da sociedade e ao final de um processo de amplos debates.

## O CENÁRIO INTERNACIONAL

Na luta para preservar sua hegemonia, os países centrais e que lideram o desenvolvimento científico e tecnológico mundial vêm impondo ao processo de globalização uma série de características que fazem com que os engenheiros tenham que se defrontar com um duplo desafio: o da internacionalização dos

processos produtivos, exigindo um fértil ambiente para o crescimento econômico e para as parcerias; o da necessidade de desenvolver um comportamento empreendedor para os engenheiros. Neste novo contexto no qual se dá a internacionalização da produção de conhecimentos, no quadro de uma nova divisão internacional do trabalho, novas oportunidades podem surgir para a engenharia dos países emergen-

tes. Mas para isto os engenheiros devem enfrentar uma crescente complexidade e interdisciplinaridade das tecnologias requerendo novas aptidões e habilidades.

Não sendo nosso objetivo no momento discutir as características gerais do processo de globalização, mas tão somente aquilo que ele tem de específico para a atuação dos engenheiros, enumeraremos a seguir essas especificidades:

**1)** As desregulações dos mercados e até de algumas profissões, as privatizações e aberturas de mercado segundo a lógica da OMC (Organização Mundial de Comércio), crescimento de importância dos setores financeiros, maior insegurança e precarização dos vínculos de trabalho.

**2)** O papel das novas tecnologias, o aumento e rapidez das telecomunicações e da capacidade de transmitir grande massa de dados a longa distância e em tempo extremamente reduzido, as redes de comunicação e o aumento da importância da informática, o surgimento da nanotecnologia e da biotecnologia.

**3)** A busca por maiores aumentos de produtividade, levando a novas formas de organizar os processos de trabalho, a automatização dos processos de fabricação e de projeto, diminuindo a necessidade dos engenheiros atuarem

junto as máquinas ou no “chão-de-fábrica”.

**4)** O aumento da necessidade de engenheiros no setor de serviços, com postos de trabalho mais próximos aos clientes e mais voltados a satisfazerem suas demandas e interesses.

**5)** O aumento da consciência pública das limitações energéticas e de se preservar o meio ambiente e de se atender as questões colocadas pela ecologia. Isto tem indicado que a busca por novas formas de energia é uma área promissora na engenharia, bem como o estudo da reciclagem dos materiais e das pesquisas de impacto ambiental.

**6)** O aumento do peso dos direitos do consumidor na fabricação dos produtos e no fornecimento de serviços.

**7)** Aumento da importância de uma engenharia de “software”, com um ciclo que engloba desde a modelagem matemática do problema, a elaboração de algoritmos e programas computacionais e sua con-

O modelo de engenharia implantado no país tem origem nos cursos de fortificação com a finalidade de defender fronteiras e preservar território. O primeiro curso de engenharia no sentido mais moderno do termo só veio a acontecer depois da chegada da família real ao Brasil.

seqüente documentação para utilização pelos usuários.

Este conjunto de mudanças acima mencionadas tem não só ampliado o espaço de atuação dos engenheiros, mas alterado qualitativamente os processos de trabalho, colocado problemas novos e restrições as quais os engenheiros têm que satisfa-

zer. Como conseqüência, os engenheiros devem apresentar uma competência profissional nos campos do projeto, da implementação e da gerência em todas as práticas de base tecnológica, evidentemente atendendo às restrições colocadas pelos problemas ambientais.

## A FORMAÇÃO DOS ENGENHEIROS NO BRASIL

As mudanças a serem implementadas na formação dos engenheiros brasileiros têm que enfrentar problemas adicionais advindos de outras deficiências da sociedade brasileira, como os relacionados com o ensino médio e o baixo acesso à educação de nível superior. Nas últimas décadas conseguimos universalizar o acesso à educação fundamental, freqüentada por 95 % da população entre 7 e 14 anos. No nível médio só temos 35 % das pessoas entre 15 e 17 anos matriculadas. Estas insuficiências da escolaridade da maior parte da população, além da má qualidade das escolas nos vários níveis, têm repercussões negativas e muito sérias na qualificação da mão-de-obra em geral e é um problema crucial a ser superado para que o Brasil alcance um desenvolvimento econômico

e social sustentável e com distribuição de riqueza.

Devemos observar que o engenheiro não atua sozinho. O país precisará de um contingente de tecnólogos e trabalhadores de nível médio para trabalhar com os engenheiros em processos produtivos cada vez mais complexos e cada vez mais interdisciplinares.

Um outro problema mais diretamente afeto ao engenheiro é o modelo de expansão do ensino superior baseado nas instituições de ensino privado. Com uma população na qual 86 % tem renda inferior a 3 salários mínimos, é difícil pensar que essa expansão possa continuar a ocorrer via iniciativa privada. Este fato tem agravado a distorção na matriz da educação superior, concentrada excessivamente na área de ciências humanas. Por uma questão de custos o setor privado tende a oferecer seus cursos, preferencialmente nas áreas humanas pois os cursos de enge-

nharia requerem investimentos em laboratórios, infra-estrutura e alta qualificação dos professores. Para termos uma idéia mais exata do problema, em 2003, quase 69 % dos graduados no Brasil se formaram em ciências sociais, negócios, direito e educação, enquanto na área da engenharia tivemos 13,2 %.

Em grande parte a formação dos engenheiros atuais ainda se faz de forma muito semelhante ao que se fazia há 30 anos quando os engenheiros em sua grande maioria iam trabalhar ou como gerente de compras de equipamento ou executores de projetos adquiridos no exterior. O modelo de engenharia implantado no país, tem origem nos cursos de fortificação com a finalidade de defender nossas fronteiras e preservar nosso território. O primeiro curso de engenharia digno deste nome e no sentido mais moderno do termo só veio a acontecer depois da chegada da família real ao Brasil em 1808. Alguns historiadores até situam a origem dos cursos de engenharia em um passado mais remoto.

O modelo de engenharia que se implantou no Brasil era um decalque do modelo francês que tinha como paradigma a Escola Politécnica de Paris. As disciplinas eram exatamente as mesmas, alguns professores franceses foram contratados e a literatura

O engenheiro é o elemento-chave no processo de condução das inovações tecnológicas aos setores econômicos da sociedade além de também ser ele o responsável pelas formas como os novos conhecimentos são difundidos e apropriados pelo aparelho produtivo.

técnica era idêntica a adotada pela escola matriz. Tínhamos também a mesma característica de ser uma escola militar até 1874, quando nasce a engenharia civil e a escola de engenharia do Rio de Janeiro passa a se chamar Escola Politécnica.

Em 1930 havia cerca de 30 cursos de engenharia no Brasil, distribuídos em 13 instituições de ensino, 12 deles eram ministrados em instituições públicas. A profissão do engenheiro foi regulamentada em 1933 e em 1945 chegamos a ter 47 cursos de engenharia, distribuídos em 8 capitais de estados e algumas cidades do interior de Minas. Na década de 50, em pleno governo Juscelino Kubitschek, surgiram 3 cursos por ano em média. Dessa forma, terminamos o ano de 1962 com 112 cursos.

Em 1966, uma nova regulamentação foi aprovada e também foi votada no Congresso Nacional a lei do salário mínimo profissional do engenheiro indexado ao próprio salário mínimo. Também na década de 60

tivemos a reforma universitária em 1968, que criou o conceito de professor em tempo integral, estabeleceu o regime de créditos além de criar a divisão da Universidade em centros. Nessa época também foram lançadas as bases para os cursos de pós-graduação em engenharia e a atividade de pesquisa universitária com resultados bastante proveitosos.

No ano de 1996 existiam 545 cursos de engenharia sendo ministrados abrangendo 35 modalidades dentro da engenharia. Em 2005 já eram 1251 cursos com 50 modalidades. O modelo baseado no conceito de engenheiro politécnico continuou a prevalecer e as novas demandas que iam surgindo sempre impli-

cavam na criação de uma nova modalidade sem que se questionasse o próprio modelo.

No final da década de 90 dá-se uma virada importante de ser analisada e levada em conta nas propostas de mudança. Se até 1998-99 a maior parte dos cursos de engenharia era ministrada por instituições públicas, hoje o número de cursos oferecidos pelas instituições privadas é quase que o dobro dos cursos ofertados pelas escolas públicas. Outro fato importante a ser discutido é que dos cursos surgidos entre 1996 e 2005, 20 % são na modalidade de produção. As outras modalidades que mais cresceram depois da produção foram elétrica, civil, mecânica e computacional.

## CIÊNCIA E ENGENHARIA

As relações entre ciência e suas aplicações começam a aumentar a partir do Renascimento e a ter uma interação mais forte desde a Revolução Industrial iniciada na Inglaterra e depois chegando à Europa e Estados Unidos. No Renascimento a figura que mais simboliza essa transformação é Leonardo da Vinci (1452-1519), um dos precursores mais ilustres de vários tipos de máquinas e dispositivos mecânicos, além de também ser um misto de cientista

e artista. A linguagem visual que aparece em seus trabalhos ainda hoje impressiona e foi uma contribuição fundamental à ciência de sua época. Os desenhos de Leonardo incluíam projetos de tornos, bombas, sistemas de elevação, macacos, rodas d'água, pontes móveis, etc. Essas idéias foram registradas em mais de 5 mil folhas de desenho e notas que se espalharam pela Europa em coleções privadas e livrarias, tendo sido publicadas e divulgadas muito depois de sua morte. Uma parte dessa obra foi destruída e outra desapareceu.

Outra figura fundamental a fazer a ponte entre ciência e engenharia é Galileu Galilei (1564-1642). A ele se atribui a criação do método científico e que serviu de paradigma para todas as ciências devido ao enorme progresso conhecido pela física desde essa época. Galileu é também o pai da resistên-

cia dos materiais, disciplina fundamental nos cursos de engenharia. Juntamente com Isaac Newton (1642-1727) Galileu também é o responsável pela moderna teoria do movimento dos corpos em contraposição as idéias de Aristóteles (384-322 a.C.), o que significa uma conquista fundamental para a engenharia.

O surgimento da ciência moderna no século XVII, que Galileu e Newton tão bem simbolizam, teve uma profunda influência na engenharia. Isto porque a partir desta conquista a nova forma de se fazer ciência pressupõe o uso sistemático da experimentação e a se submeter todas as teorias a algum critério para sua validação. O gosto pela medida e pela precisão dos resultados passa a ser perseguido pelos engenheiros de então como uma necessidade dos processos de fabricação. Mas foi somente no século XVIII e principalmente no século XIX que a engenharia pôde aplicar de forma sistemática essas conquistas. Devemos observar que a Escola Politécnica de Paris foi fun-

Se até 1998-99 a maior parte dos cursos de engenharia era ministrada por instituições públicas, hoje o número de cursos oferecidos pelas instituições privadas é quase que o dobro dos cursos ofertados pelas escolas públicas.

dada em 1794 fruto da Revolução Francesa e do profundo processo de reforma educacional que a ela se seguiu. A França foi o primeiro país a organizar sua engenharia em bases científicas. A Escola Politécnica não é a primeira escola de engenharia francesa. Antes dela tínhamos as famosas “École de Mines” e a “École des Ponts et Chaussées”. No entanto, é a Escola Politécnica que nas primeiras décadas do século XIX passa a ser o maior pólo de produção e irradiação de conhecimento científico e tecnológico da França. Os engenheiros politécnicos desses primeiros tempos de fundação são figuras das mais conhecidas dos manuais de engenharia até hoje. Lagrange (1736-1813), pai da mecânica analítica, Navier (1785-1836), autor de textos até hoje consagrados em resistência dos materiais e mecânica dos fluidos, Gaspard Monge (1746-1818), criador da geometria descritiva, Coriolis (1792-1843), descobridor do efeito que leva seu nome, Prony, Poinsot e muitos outros. Um

## Os engenheiros devem enfrentar uma crescente complexidade e interdisciplinaridade das tecnologias requerendo para isto novas aptidões e habilidades.

destaque também deve ser dado a Coulomb (1736-1806), descobridor das leis do atrito seco e da lei de atração entre as cargas elétricas, Sadi Carnot (1796-1832), o pai da termodinâmica e Poncelet (1788-1867), um dos fundadores da mecânica aplicada.

Com relação às novas ferramentas de análise usadas na engenharia, na sua maioria têm origem na própria ciência, em especial na matemática. É o caso do cálculo diferencial e integral descoberto de forma independente por Newton e Leibniz e da geometria analítica que tem em Pierre Fermat (1601-1665) e René Descartes (1596-1650), também de forma independente seus descobridores. Apesar da contribuição de Fermat é Descartes quem recebe o crédito principal. A maior conquista de Descartes na geometria analítica foi de unir a álgebra com a geometria. As duas ciências eram antigas. A geometria foi uma invenção dos gregos e a álgebra dos árabes. A associação das duas fornecia aos engenheiros de

então uma ferramenta extremamente útil para solucionar problemas de curvas e superfícies através de equações algébricas cujas variáveis podiam agora ser relacionadas e quantificadas.

É importante fazer uma outra consideração entre ciência e engenharia a partir da Revolução Industrial. Trata-se de uma nova e frutífera forma de

cooperação entre os práticos e construtores de máquinas e os cientistas. Um dos casos mais emblemáticos é o do desenvolvimento da máquina a vapor de Newcomen (1663-1729). Como sabemos, a máquina de Newcomen, também chamada de máquina atmosférica, sofreu uma fundamental modificação com a colaboração entre Joseph Black (1728-1799) e James Watt (1736-1819).

Watt era um construtor de máquinas de origem escocesa. Após ter trabalhado com a fabricação de instrumentos de navegação em Londres, ele volta à Escócia para tratamento de saúde. Foi então trabalhar na Universidade de Glasgow onde foi encarregado de fazer reparos nos instrumentos de física. Foi a partir daí que ele entrou em contato com o professor da Universidade Joseph Black, recém nomeado professor de química em 1756.

Da cooperação entre Watt e Black é que a máquina

a vapor de Newcomen vai ser modificada, vai aumentar significativamente seu rendimento e a partir daí ter a sua utilização diversificada e ampliada para os diversos ramos da produção.

Este exemplo é bastante citado como simbolizando uma nova forma de aplicar a ciência a problemas de engenharia. No entanto não devemos generalizar e dizer que a partir da Revolução Industrial a tecnologia

vai ser uma mera aplicação da ciência. As relações entre ciência e técnica continuam a ser complexas, mas é um fato a ser ressaltado que este tipo de cooperação é cada vez mais freqüente e exitosa. Em um determinado momento esta relação foi institucionalizada, nascendo daí a pesquisa de cunho mais tecnológico feita nas Universidades ou nos Centros de pesquisa.

## ENGENHARIA E TECNOLOGIA

Uma questão chave a ser enfrentada na formação dos novos engenheiros é como desenvolver uma postura receptiva e criativa frente à inovação. Não somente os currículos, mas também o ambiente acadêmico no qual o engenheiro vai ser formado deve ser estimulante em face da inovação tecnológica. Dessa forma, as Escolas de Engenharia além de desenvolverem nos alunos a capacidade de produzir a inovação devem também estar articuladas com o setor produtivo que tem o papel de transformarem a inovação em produtos ou serviços. Esta situação está muito longe de ser alcançada.

No Brasil dos dias de hoje o número de pesquisadores empregados nas empresas, na sua maioria en-

genheiros, é muito baixo. E este número é um ótimo indicador de nossa capacidade de produzir inovação. Estima-se que cerca de 10 mil cientistas trabalhem em pesquisa e desenvolvimento em empresas no Brasil. Na Coréia do Sul temos 125 mil, sendo 90 mil engenheiros e técnicos, enquanto nos Estados Unidos temos cerca de 750 mil pesquisadores que trabalham no setor privado, sendo 2/3 deles engenheiros. Dessa forma, as mudanças a serem implantadas não podem se restringir apenas ao ambiente acadêmico, mas também significa um processo mais amplo de mudanças envolvendo o setor produtivo e outros setores da sociedade civil e do governo.

Voltemos mais uma vez às relações entre ciência e tecnologia como fizemos no exemplo da evolução da máquina a vapor de Newcomen para entender me-

lhor essa relação. Como dissemos anteriormente, a Revolução Industrial que se inicia no século XVIII mudou em definitivo os mecanismos de uso do conhecimento técnico e científico. É no melhor entendimento desse processo histórico que reside a chave para que possamos também entender as mudanças que se processam atualmente de forma a trazer elementos importantes para a discussão da formação dos engenheiros.

No livro do Professor Marcos da Silveira: “A Formação do Engenheiro Inovador”, pg. 125, ele resume as principais características da chamada terceira Revolução Industrial, que se inicia por volta dos anos 70. São enumerados os seguintes fatores:

- 1) A descentralização da “inteligência” tornada possível pela impressionante evolução dos computadores e da informática.
- 2) A redução do valor intrínseco das mercadorias.
- 3) A intensificação da modularização e da padronização, gerando estratégias empresariais citadas como

“terceirização”. Isto significa a montagem e constituição de empresas verticais por redes de empresas integradas, cada uma especializada em uma atividade e participando simultaneamente de outras redes, as vezes concorrentes.

4) Aumento da automação, permitindo operações mais acuradas e rápidas que as realizadas por seres humanos.

5) A liberação do ser humano para o uso de sua criatividade.

6) O maior valor da inovação (novos produtos com valor econômico) não somente associada a grandes indústrias, mas também a pequenos negócios na área de serviços.

7) Maior alcance social da educação superior e difusão “capilar” da aplicação dos resultados da pesquisa e do conhecimento na inovação, esta não sendo necessariamente associada a grandes investimentos de capital.

Os sete itens acima enumerados serão de muita utilidade como um guia na discussão das relações entre ciência e tecnologia na fase atual dessa nova Revolução Industrial, caracterizada pela utilização generalizada da informática em todos os setores da vida social e também pelo uso de novas tecnologias nos pro-

Uma questão chave a ser enfrentada na formação dos novos engenheiros é como desenvolver uma postura receptiva e criativa frente à inovação.

cessos industriais. Os dois últimos itens acima sinalizam fortemente com a necessidade das Escolas de Engenharia colocarem no centro de suas atenções a questão da inovação tecnológica, bem como o novo papel desempenhado pelo conhecimento científico e tecnológico. A inovação tecnológica deve

sempre ser vista como a produção de um novo produto no mercado, com um valor de uso e evidentemente um valor comercial (valor de troca) e que ele seja mediatizado apenas pelo desenvolvimento e implantação de processos de produção e distribuição. Com relação ao conhecimento científico e tecnológico, a ele voltaremos no capítulo seguinte.

Ainda no livro do Professor Silveira, podemos encontrar na pg. 133, uma classificação dos diferentes tipos de processos de produção de inovações. Ele os classifica como se segue:

- 1) “Tecnologias embrionárias”, associadas a invenções e à pesquisa fundamental, de alto risco e enorme impacto, exigindo grandes investimentos e grande tempo de maturação; exemplos: nanotecnologia, partes da biotecnologia, etc.
- 2) “Tecnologias de crescimento”, associadas a demandas ainda não satisfeitas, exigindo o aperfeiçoamento de produtos e processos, que por sua vez

**É fundamental que se estreitem as relações entre as Escolas de Engenharia e os setores produtivos e empresariais com linhas de investigação e pesquisa integradas com a indústria, em especial com a indústria de base nacional.**

também exigem investimentos de grande porte, apoio científico, tempo de maturação médio e menor risco no investimento, mas ainda de grande impacto; exemplo: biotecnologia, na sua forma mais comum.

3) “Tecnologias maduras”, associadas ao aumento de eficiência para manter a competitividade, levando a uma pesquisa incremental de baixo risco, exigindo menores investimentos; exemplos: tecnologia informática voltada para a satisfação imediata de demandas dos consumidores e exigindo um menor conhecimento científico.

O esquema acima deve ser visto como uma tentativa geral de classificar as tecnologias e seus processos de produção relacionando-os com os investimentos e os tempos de maturação. Não foi mencionado algo que está cada vez mais difícil de ocorrer que são as “janelas tecnológicas”, ou seja, oportunidades de se pesquisar em determinados campos ainda inexplorados e que não despertaram

ainda muito interesse comercial. Foi o caso, por exemplo, da pesquisa em fibras óticas feita em Campinas e que posteriormente teve ampla aplicação no caso da telefonia e da transmissão de dados. Existem outros exemplos, mas este é bem emblemático por ter sido realizada quase totalmente no Brasil a partir de uma tese de PhD feita nos Estados Unidos.

Visto de outra forma a classificação acima separa o item 1) que se refere a pesquisa básica ou fundamental dos itens seguintes que dizem respeito a pesquisa de caráter mais aplicado e onde a maioria dos engenheiros deve trabalhar.

Do ponto de vista de um aprofundamento maior da questão da inovação, o passo seguinte é compreendermos como este processo realmente se dá e como

ele é apropriado pelo setor produtivo. Atualmente este sistema de relações é muito complexo, pois aparece na forma de malhas de produção encadeadas e se sustenta através de mecanismos de comunicação entre a ciência ou o novo conhecimento (invenção) e as forças de mercado que dele se beneficiam. Neste processo de comunicação é fundamental que estejam em contato os geradores de conhecimento, os formadores dos engenheiros e tecnólogos inovadores e os setores produtivos. Isto significa que a Universidade deva desenvolver formas de aproximação entre seus alunos e professores do sistema produtivo. O objetivo é obter um ciclo de inovação e que ele possa se reproduzir dentro do sistema produtivo.

## AS MUDANÇAS NECESSÁRIAS

As perspectivas de mudança na sociedade brasileira dependem em grande medida de uma ampla mobilização dos setores sociais nela interessados. Mas somente isso não é suficiente. Para que possamos alcançar um estágio de crescimento econômico com desenvolvimento social e que ele seja sustentável é fundamental que tenhamos, ou melhor, que

construamos um projeto de nação. Este projeto nacional, também chamado de projeto Brasil, estará necessariamente ancorado em um profundo processo de mudanças no quadro educacional em todos os níveis, pois eles estão interligados e só com esta condição o desenvolvimento terá sustentabilidade. Dele também deve constar uma inserção soberana na globalização e conseqüente internacionalização da economia, dos mercados, do comércio, etc. Isto implica

em se preservar setores e atividades estratégicas de nossa economia ao invés de uma postura passiva que é o mesmo que aceitar a globalização na forma neoliberal como ela se dá, tendo o mercado como um valor supremo que a todos subordina. Nesse sentido a Universidade tem um papel estratégico a desempenhar. Ela, além de preparar os profissionais para um mercado em constante mutação, deve a ele se sobrepor ao desenvolver uma visão prospectiva da sociedade e ser uma espécie de farol a iluminar e a guiar o caminho para um futuro melhor ainda cheio de incertezas.

Conforme já mencionamos existe uma série de iniciativas promissoras no sentido de mudar o quadro educacional geral brasileiro, bem como, no campo específico da formação dos engenheiros com uma visão do todo, ou seja, de que ela faz parte de uma mudança bem mais geral. Entre elas podemos citar a lei da inovação, a reforma da educação superior e o plano nacional de pós-graduação. Deve ser enfatizado neste contexto o programa “Inova Engenharia”, que tem como objetivo: “apresentar propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil, idealizando cursos flexíveis a partir de uma visão de futuro”.

Da análise que fizemos nos itens anteriores, estamos apresentando as seguintes proposições como forma de sintetizar e direcionar o conjunto de mudanças. Evidentemente elas nem formam um sistema

completo muito menos exaustivo e fechado. Elas devem ser discutidas, completadas, corrigidas das imprecisões e aspectos vagos para que possamos avançar no sentido de um projeto consistente.

### **Uma reavaliação entre teoria e prática**

Uma nova forma de entender e principalmente tratar a relação entre teoria e prática está provocando mudanças nos cursos de engenharia em outros países. A idéia até agora já consagrada de ministrar disciplinas teóricas como matemática e física no curso básico vem sendo substituída pela distribuição de disciplinas teóricas ao longo de todo o curso, evidentemente com um crescente nível de complexidade. Isto estabelece o tempo todo ao longo do curso uma estreita relação entre a teoria e suas aplicações, melhorando o clima motivacional na sala de aula e diminuindo a evasão que é maior justamente no curso básico. Um outro aspecto importante e que está contido nesta proposta é que os conteúdos transmitidos quer de natureza teórica ou aplicada devam ser contextualizados. Isto pressupõe um tipo de conhecimento que nem sempre os professores possuem, que é a história das disciplinas científicas como da matemática, da física, da química, da biologia, etc. A finalidade é transmitir aos alunos

alguns detalhes importantes do contexto no qual um determinado conhecimento se desenvolveu e as dificuldades que se apresentavam no processo de sua superação.

### **Uma aproximação entre Universidade e setor produtivo**

É fundamental que se estreitem as relações entre as Escolas de Engenharia e os setores produtivos e empresariais com linhas de investigação e pesquisa integrada com a indústria, em especial com a indústria de base nacional, vindo a reforçar nossos setores estratégicos como o de energia elétrica, de petróleo, nuclear, etc. São justamente nesses setores que temos centros de pesquisa tecnológica e o diálogo e intercâmbio poderá se fazer de forma bem mais fácil. As Escolas de Engenharia poderão adquirir com o tempo um forte caráter regional explorando novos potenciais regionais ainda ignorados. Isto também será uma forma de integrar as Escolas em seus contextos regionais tendo um importante efeito cultural.

Os cursos de pós-graduação quando foram criados e até hoje têm uma prática excessivamente acadêmica. Em grande parte estão voltados para a pesquisa completamente descomprometida da realidade da engenharia no país.

Sem abandonar suas pesquisas acadêmicas os cursos de pós-graduação também podem, em contato com o setor produtivo, se debruçar sobre problemas da engenharia nacional.

### **Estimular uma maior participação dos alunos no processo de aprendizagem**

Para que as mudanças que almejamos se concretizem é de suma importância que os alunos joguem um papel bem mais ativo no processo de aprendizagem do que o fazem hoje. A carga de trabalho em sala de aula deve ser bem balanceada com exercícios, aulas de laboratório, estágios na indústria ou em escritórios de projeto. Os materiais didáticos devem fazer uso de todos os recursos das tecnologias da informação e comunicação, como *softwares* interativos, filmes em vídeo, etc. Essas novas formas e meios de transmitir e estimular o aprendizado desenvolve nos alunos uma outra qualidade que é a de aprender sozinho, possibilitando sua atualização constante.

### **Reeducar também os educadores**

O aumento dos cursos de pós-graduação no Brasil aumentou consideravelmente o número de professores com mestrado e doutorado o que em si é um fato positivo, mas devido ao viés exces-

sivamente acadêmico desses cursos o ensino da engenharia afastou-se da prática da engenharia. É necessário que além do corpo de professores em tempo integral com mestrado e doutorado, tenhamos os professores que exerçam a atividade da engenharia

fora da Universidade. Além do estágio dos alunos nas indústrias, deve ser estimulado o estágio e cursos de especialização de professores também na indústria. Os trabalhos de consultoria devem ser incentivados envolvendo grupos de alunos e professores, o que desenvolve no aluno o espírito de trabalho em equipe e de caráter interdisciplinar.

### **Pesquisa cooperativa e em rede**

Uma forma mais recente e que tem se mostrado bastante eficiente no sentido de uma maior aproximação entre os cursos de engenharia e os setores produtivos têm sido as redes cooperativas. Na medida que um determinado grupo de trabalho ou de pesquisa pode compartilhar recursos humanos, riscos e pode acelerar resultados melhoram sua capacidade de realizar trabalhos para o setor produtivo. Mas sua finalidade maior é encurtar o

Uma forma mais recente e que tem se mostrado bastante eficiente no sentido de uma maior aproximação entre os cursos de engenharia e os setores produtivos tem sido as redes cooperativas.

ciclo pesquisa-desenvolvimento-produto-mercado tornando este tipo de trabalho bastante atraente.

### **Responsabilidade social e compromisso com a ética**

Os cursos de engenharia devem incluir em seu rol de disciplinas algumas que garantam a discussão e o intercâmbio com as entidades dos profissionais de engenharia como Associações de engenheiros, Sindicatos de engenheiros, Clube de engenharia, sistema CONFEA/CREA, relacionados às questões do exercício profissional e aos grandes temas enfrentados pela engenharia nacional. A idéia é forjar no futuro engenheiro desde os primeiros anos de escola um compromisso e uma consciência do papel que a engenharia e seus profissionais desempenham na sociedade brasileira, sempre vinculados a um código de ética elaborado por essas entidades e amplamente discutido no interior da categoria.

## CONCLUSÕES

O objetivo principal deste documento é tentar inicialmente, face às mudanças ocorridas no mundo do trabalho nos últimos anos, levantar um conjunto de questões e de problemas criados para a formação dos engenheiros neste novo contexto. Propositadamente não foi feita uma discussão e um aprofundamento das causas que produziram essas mudanças como o processo de globalização, a reestruturação produtiva, as privatizações e as desregulamentações dos mercados, etc., por entendermos que existem textos especializados e que tratam desses problemas em separado ou em seu conjunto. Nosso propósito maior é, dado o quadro atual do mundo do trabalho e sua complexidade, quais as mudanças que são requeridas na formação dos novos engenheiros para que eles possam se inserir no mercado de trabalho. Mas não somente isto, que esta inserção e atuação dos engenheiros também propicie e seja um instrumento de transformação da sociedade brasileira no sentido de se reencontrar com um projeto nacional abandonado pelos governantes e pela maioria dos partidos políticos mais preocupados em ganharem as eleições e muito pouco interessados no que fazer após as mesmas.

Também não é nossa intenção discutir o que seja este projeto de nação, pois podemos encontrar esta discussão nos textos de César Benjamim entre outros autores que tratam em profundidade do assunto. Em linhas muito gerais o projeto para o Brasil objetiva uma inserção soberana no processo de globalização, um desenvolvimento sustentável preservando o meio ambiente, distribuindo renda e gerando emprego. Do ponto de vista político, lutar por um conjunto de reformas como a reforma agrária (em seu sentido amplo e não só distribuindo terra), uma reforma tributária de cunho distributivo, uma reforma política e um conjunto de políticas públicas que vise ao bem estar da maioria da população brasileira, o que significa a segurança alimentar, o direito ao trabalho, a moradia, a educação fundamental de qualidade, a saúde, entre outros.

No texto discorremos muito rapidamente sobre temas estreitamente relacionados com a engenharia como ciência e tecnologia, pois eles ajudam a entender a complexidade que envolve o desenvolvimento da engenharia e seus cursos de formação.

As discussões do texto deverão não só melhorar a visualização do quadro de mudanças produzido pela globalização, como também acrescentar, aprofundar e precisar melhor as propostas que são feitas no Capítulo 6.

## REFERÊNCIAS CONSULTADAS

- da Silveira, M. A. (2005) “A Formação do Engenheiro Inovador”, PUC-Rio.
- INOVA ENGENHARIA. (2006) “Propostas para a Modernização da Educação em Engenharia no Brasil”, SENAI-IEL, Confederação Nacional de Aprendizagem Industrial - Instituto Euvaldo Lodi.
- Kirby, R. S. et alli (1956) “Engineering in History”, McGraw Hill Book Company, N. York, Toronto, London.
- Ashby, E. (1966) “ Technology and the Academics”, Macmillan, London, Melbourne, Toronto.
- Hobsbawm, E. (1971) “En Torno a los Orígenes de la Revolucion Industrial”, Siglo Veintiuno Editores, Mexico, España, Argentina, Colombia.
- Oliveira, A. R. E. (2005) “Challenges of Engineering Education in History”, COBEM (Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica), Ouro Preto, M.G.



**Agamenon R. E. Oliveira**, atual presidente do SENGE/RJ e suplente da diretoria da FISENGE é doutor em Engenharia Mecânica e em História das Ciências, pela COPPE/UFRJ, professor associado da UFRJ, atualmente docente do curso de engenharia elétrica da Escola Politécnica da UFRJ e pesquisador do CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica). Tem cerca de 45 trabalhos científicos publicados no Brasil e no exterior.

Produção e edição:

Espalhafato Comunicação

Projeto Gráfico: Stefano Figalo/Espalhafato

Foto: Carlos TDC

Impressão e fotolito: Reproarte