Engenheiros para Quê?

USP UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor Vahan Agopyan
Vice-reitor Antonio Carlos Hernandes

edusp EDITORA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Diretor-presidente Lucas Antonio Moscato

COMISSÃO EDITORIAL

Presidente Rubens Ricupero
Vice-presidente Valeria De Marco
Carlos Alberto Ferreira Martins
Clodoaldo Grotta Ragazzo
Maria Angela Faggin Pereira Leite
Ricardo Pinto da Rocha
Tânia Tomé Martins de Castro
Suplentes José Roberto Castilho Piqueira
Marta Maria Geraldes Teixeira
Sandra Reimão

Editora-assistente Carla Fernanda Fontana
Chefe Div. Editorial Cristiane Silvestrin

Engenheiros para Quê?

Formação e Profissão do Engenheiro no Brasil

Roberto Leal Lobo e Silva Filho
Maria Beatriz Lobo
José Roberto Cardoso
Renata Perrenoud

edusp

Copyright © 2020 by Roberto Leal Lobo e Silva Filho e Maria Beatriz Lobo

Ficha catalográfica elaborada pela
Associação Brasileira das Editoras Universitárias (Abeu)

Bacha, Carlos José Caetano

Macroeconomia Aplicada à Análise da Economia Brasileira / Carlos José Caetano Bacha. – 2. ed. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2019.

264 p.; il.; 19,5 × 27 cm. – (Acadêmica, 55).

Inclui bibliografia.
Apêndice: Exercícios.
ISBN 978-85-314-0831-8

1. Macroeconomia. 2. Análise econômica. 3. Economia brasileira. I. Título. II. Série.

CDD-330.981

Direitos reservados à

Edusp – Editora da Universidade de São Paulo
Rua da Praça do Relógio, 109-A, Cidade Universitária
05508-050 – São Paulo – SP – Brasil
Divisão Comercial: tel. (11) 3091-4008 / 3091-4150
www.edusp.com.br – e-mail: edusp@usp.br

Printed in Brazil 2020

Foi feito o depósito legal

Sumário

Lista de Siglas 9
Agradecimentos 13
Prefácio – *Vahan Agopyan* 15
Introdução – *Roberto Leal Lobo e Silva Filho* 21

PARTE I

1. Visão Geral da Profissão e da Formação de Engenheiros no Mundo e no Brasil – *Roberto Leal Lobo e Silva Filho* 29
   Por que Todo o Mundo se Preocupa Tanto com os Engenheiros? 29
   Inovação e Engenharia 31
   Produção Tecnológica e Científica da Engenharia Brasileira 34
   Formação e Profissão do Engenheiro: Uma Comparação entre o Brasil e o Exterior 37
   Engenharia, ou "Engenharia, Produção e Construção", ou, Ainda, "Stem"? 45
   A Caracterização da Demanda por Engenheiros 47
   A Caracterização dos Engenheiros Formados 48

2. Os Currículos de Engenharia no Brasil e a Formação dos Novos Engenheiros para o Século XXI – *Roberto Leal Lobo e Silva Filho* 55
   Introdução 55

Tendências na Formação dos Novos Engenheiros..... 59
As Barreiras à Criatividade no Ensino de Engenharia 62

3. A Engenharia no Brasil e Seu Reflexo na Capacidade de Inovação – *Roberto Leal Lobo e Silva Filho* 71

A Formação de Engenheiros do Brasil 77
Pós-graduação e Pesquisa na Engenharia 87
A Importância dos Doutores nas Empresas: O Exemplo do Reino Unido 89

4. Organização Institucional: Corpo Docente, Internacionalização e Relações Universidade-Empresa – *Roberto Leal Lobo e Silva Filho* 93

Qualificação e Experiência Profissional do Corpo Docente de Engenharia 93
Para Que Internacionalizar? 97
Integração com a Sociedade, em Particular com o Setor Produtivo 103

5. Engenheiros, Inovação e Empreendedorismo – *Roberto Leal Lobo e Silva Filho* 111

Grit*, Empreendedorismo e Educação dos Engenheiros* 111
Inovação × *Empreendedorismo?* 115

6. Estratégias de Mudança e Sustentabilidade – *Roberto Leal Lobo e Silva Filho*..... 121

7. Como Melhorar a Efetividade do Processo de Ensino na Engenharia? – *Roberto Leal Lobo e Silva Filho* 131

Sugestões para o Aperfeiçoamento das Engenharias no Brasil 132

PARTE II

8. Para Onde Caminham as Diretrizes Curriculares da Engenharia no Brasil? – *José Roberto Cardoso* 139

As Novas Profissões que Não se Chamam Especificamente Engenharia 139
Atributos do Novo Engenheiro 146
A Visão dos Principais Atores 149
As Novas Diretrizes Curriculares 154
Os Desafios para o Novo Cenário 160

9. Exemplos de Boas Práticas no Brasil e nos Estados Unidos – *José Roberto Cardoso* 165

Boas Práticas no Brasil 165
Boas Práticas nos Estados Unidos 189

PARTE III

10. Metodologias para Engenharia e Resultados – *Renata Perrenoud* 199

Por Que Inovar? 199
Por Que o Uso das Metodologias Ativas? 201
As Metodologias Ativas de Ensino e Aprendizagem 204
A Avaliação 217
Por Dentro das Instituições de Ensino Superior Privadas 222
Benefícios do Uso de Metodologias Ativas em Sala de Aula 224
Dificuldades do Uso de Metodologias Ativas em Sala de Aula 225
O Caminho a Ser Percorrido 227
Considerações Finais 229

Conclusões – *Maria Beatriz Lobo* 231
Bibliografia 237
Sobre os Autores 243

Lista de Siglas

Abenge – Associação Brasileira de Educação em Engenharia
Bric – Brasil, Rússia, Índia e China
Brics – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul [do inglês South Africa]
BU – Boston University
CAD/CAM – *Computer-aided design* [desenho assistido por computador]/ *Computer-aided manufacturing* [manufatura assistida por computador]
Capes – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
Cefet-MG – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Cegrad – Centro de Graduação
CFM – Conselho Federal de Medicina
CLT – Consolidação das Leis de Trabalho
CNC – *Computer numerical control* [controle numérico por computador]
CNE – Conselho Nacional da Educação
CNI – Confederação Nacional da Indústria
Cobenge – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia
Coltec – Colégio Técnico da UFMG
Confea – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
Crea – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
Crub – Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras
CST – Curso superior de tecnologia
DCN – Diretrizes Curriculares Nacionais
DCTA – Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial

Deas – Division of Engineering and Applied Sciences
Enade – Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes
EPSRC – Engineering and Physical Sciences Research Council
EP-USP – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo
ETE – Escola Técnica Estadual
Fapemig – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
Finep – Financiadora de Estudos e Projetos
FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FAB – Força Aérea Brasileira
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica
IEL – Instituto Euvaldo Lodi
IES – Instituição de ensino superior
IMT – Instituto Mauá de Tecnologia
Inep – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
Inovenge – Inovação e Engenharia no Cotidiano
Insper – Instituto de Ensino e Pesquisa
IOT – *Internet of things* [internet das coisas]
Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
Isitec – Instituto Superior de Inovação e Tecnologia
ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica
KIPP – Knowledge is Power Program
Laspau – Latin American Scholarship Program of American Universities
MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MEC – Ministério da Educação
MEI – Movimento Empresarial pela Inovação
MIT – Massachusetts Institute of Technology
Moodle – Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment
NCES – National Center for Education Statistics
NSF – National Science Foundation
OAB – Ordem dos Advogados do Brasil
OCDE/OECD – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico/Organisation for Economic Co-operation and Development
OMS – Organização Mundial da Saúde

OUI – Organização Universitária Interamericana
P&D – Pesquisa e desenvolvimento
PBL – *Problem-based learning*
PDI – Plano de Desenvolvimento Institucional
Pintec – Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica
Pisa – Programme for International Student Assessment
PME – Pequena e média empresa
PPC – Projeto pedagógico de curso
PUC – Pontifícia Universidade Católica
Rais – Relação Anual de Informações Sociais do Ministério do Trabalho e Emprego
SAT – Scholastic Assessment Test
Seas – School of Engineering and Applied Sciences
Scope – Senior CapstOne Program in Engineering
Seesp – Sindicato dos Engenheiros no Estado de São Paulo
Semesp – Sindicato das Entidades Mantenedoras de estabelecimentos de Ensino Superior do Estado de São Paulo
Senai – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Senge – Sindicato dos Engenheiros
Stem – Science, Technology, Engineering and Mathematics
TBL – *Team-based learning*
TI – Tecnologia da informação
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Unesco – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura]
Unicamp – Universidade Estadual de Campinas
Unifor – Universidade de Fortaleza
UMC – Universidade de Mogi das Cruzes
USP – Universidade de São Paulo
Wipo – World Intellectual Property Organization
WPI – Worcester Polytechnic Institute

Agradecimentos

Este livro teve como objetivo atender a demandas tanto do mundo empresarial como do acadêmico em relação às mudanças necessárias que deveriam ser realizadas para transformar o engenheiro brasileiro, geralmente um estudante de grande potencial, em um elemento transformador da sociedade, capaz de ser criativo em todas as áreas nas quais atua: na parte técnica, na gestão ou em seu próprio empreendimento.

Foram ouvidos empresários, engenheiros e professores para a redação da primeira parte do livro, que se baseou em um conjunto de relatórios elaborados por Roberto Lobo que, por meio do Instituto Lobo, dedicou-se por três anos a este projeto ligado ao programa Mobilização Empresarial pela Inovação, da Confederação Nacional da Indústria (CNI).

Ao trabalho original, juntaram-se dois especialistas na área. Um deles é o professor José Roberto Cardoso, eminente engenheiro brasileiro que vem dando grande contribuição à nossa Engenharia por meio de projetos e livros, além da experiência inestimável de ter sido diretor da Escola Politécnica da USP, instituição tradicional e de excelência no Brasil. Outra é a professora Renata Perrenoud, especialista em ensino de Engenharia que tem se dedicado à divulgação e implantação dos novos modelos pedagógicos de Science, Technology, Engineering and Mathematics (Stem) no Brasil.

A conclusão é de autoria da professora Maria Beatriz Lobo, que também foi responsável pela organização final da obra e compatibilizou os textos dos diferentes autores para reuni-los de forma lógica e coerente.

Ela foi vice-reitora da Universidade de Mogi das Cruzes e trabalhou com Roberto Lobo durante os mais de quinze anos como consultora e vice-presidente do Instituto Lobo.

Na última fase da elaboração deste trabalho, novas Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de Engenharia foram discutidas e aprovadas no Conselho Nacional de Educação (CNE), que trazem em seu bojo várias das propostas já apresentadas neste livro.

Os autores agradecem aos depoimentos graciosamente prestados por reconhecidas lideranças em diferentes instituições sobre as modernizações de seus currículos de Engenharia e ao reitor da USP, professor Vahan Agapoyan, que apoiou com entusiasmo a publicação deste trabalho e se dispôs generosamente a escrever seu prefácio.

Os autores gostariam de expressar seus profundos agradecimentos ao engenheiro doutor Rooney Ribeiro Albuquerque Coelho, pela dedicação, paciência e competência que teve na revisão deste livro para colocá-lo nos moldes exigidos pela Editora da Universidade de São Paulo (Edusp).

Este livro é dedicado a todos que têm ajudado a promover a melhoria constante da formação e da profissão de engenheiro no Brasil e no mundo.

Prefácio

Vahan Agopyan[1]

Quando o professor Roberto Leal Lobo me pediu para prefaciar o seu novo livro sobre o ensino de Engenharia, confesso que fiquei receoso. Como poderia comentar uma publicação sobre esse tema, de um profissional que dedicou as últimas quatro décadas estudando o ensino superior, notadamente o de Engenharia, pois essa é a sua área de formação original? Teria eu condições de assimilar o conteúdo adequadamente para poder analisá-lo? Como poderia tecer observações sobre o texto de uma das nossas maiores autoridades no assunto? Eu estava também com receio de demonstrar a minha incompetência no tema frente aos escritos dos mestres – sim, no plural, pois todos os autores são autoridades no ensino e, particularmente, no de Engenharia. Porém, não poderia recusar uma honraria dessas, escrever um prefácio destes é um privilégio que muitos disputam e eu estava recebendo graciosamente. Havia também o fato político, pois o professor Lobo foi um dos meus antecessores, e a prática vigente é a do reitor no exercício do cargo não recusar um pedido de um ex-reitor.

Contudo, eu tinha um comprometimento maior com o solicitante: a amizade. Independentemente do prestígio, da tradição, não poderia recusar o pedido de um amigo, com o qual até tinha preparado um artigo sobre o mestrado profissional. Corajosamente, aceitei a tarefa e me pre-

1. O professor Vahan Agopyan é engenheiro civil com PHD pela University of London King's College, foi diretor da Escola Politécnica da USP (2002-2006) e é reitor da Universidade de São Paulo (2018-2022).

parei para, em uma viagem longa já planejada, me deliciar e ler a minuta do texto do livro.

A minha tranquilidade durou até eu receber o texto e dar a primeira olhada. Os autores não tinham preparado apenas um livro sobre o ensino de Engenharia, eles tinham decidido provocar os leitores para a situação anacrônica em que o nosso país se encontra na formação dos engenheiros.

Neste prefácio estou adotando o termo genérico "engenheiro", mas, felizmente, neste século, o número de alunas e profissionais do sexo feminino aumentou consideravelmente, e espera-se que, em breve, a Engenharia deixará de ser uma profissão predominantemente masculina. A provocação começa na primeira página e vai até a última. Começa com o título, que inclui uma interrogação, instigando os leitores a refletir sobre a necessidade desse profissional, e vai até a última página, na qual a professora Maria Beatriz Lobo, resumidamente, externa a sua preocupação de que as boas propostas apresentadas na publicação não poderão ser facilmente implantadas. Não é que ela queira nos frustrar, mas, sim, desafiar os leitores a serem suficientemente competentes para aplicar as boas práticas sugeridas. Em resumo, é um livro instigante, que estimula o leitor a refletir sobre o tema e a buscar a melhoria do ensino dessa profissão de amplo espectro.

Quero esclarecer que a publicação não é apenas uma apresentação de boas práticas de ensino da profissão, é bem mais ampla. Inicia apresentando uma visão geral da profissão e da formação desses profissionais, discutindo inclusive o seu relacionamento com as Ciências Exatas e a tecnologia, os currículos adotados no país e no exterior, os reflexos, na formação, da inovação, do empreendedorismo, da sustentabilidade e até da organização das instituições de ensino. Depois, debate as diretrizes curriculares do país e apresenta as boas práticas inovadoras adotadas por algumas instituições nacionais e estadunidenses. Por fim, apresenta metodologias inovadoras e as suas aplicações. Portanto, é um livro bastante denso e, mesmo quem não estiver interessado na parte educacional, terá muita informação sobre a profissão.

Por esse ponto, desejo iniciar os meus comentários: a Engenharia como profissão. Pode até surpreender alguns, mas ela é relativamente re-

cente, começou a ser consolidada no exército francês, no século XVII, e a primeira escola superior, a École de Ponts et Chaussées, iniciou as suas atividades em meados do século XVIII, em Paris. Com isso, a profissão, que era exclusivamente empírica, começou a ter um embasamento científico e a se consolidar após a Primeira Revolução Industrial. Reparem que as primeiras instituições de ensino de Engenharia foram implantadas fora das universidades existentes. Apenas no século XIX as universidades tradicionais começaram a oferecer essa formação, quando o ensino já se embasava nas Ciências Exatas, e as novas ciências da Engenharia começavam a ser estabelecidas.

Ainda na primeira metade do século XX, muitos conhecimentos empíricos continuavam sendo aplicados na Engenharia, buscando equacionar o fenômeno da natureza, já que não se conhecia a sua causa. O rápido desenvolvimento do conhecimento após a Grande Guerra beneficiou enormemente a Engenharia, e, graças a isso, foi possível aperfeiçoar, modificar e criar novas ações e atividades que melhoraram consideravelmente a qualidade de vida da população.

Os autores destacam, no capítulo 3, que, nos países desenvolvidos, os engenheiros são os profissionais que, proporcionalmente, mais se graduam no ensino superior.

Destacam a Coreia do Sul, onde os engenheiros são 23% dos formandos, mas gostaria de citar que, na China, esse percentual, em alguns anos, alcança os 30%. Qual seria a razão de, nos países desenvolvidos e nos que estão se desenvolvendo rapidamente, o número de engenheiros formados ser tão destacado? Nesses países, proporcionalmente, o número de profissionais na sociedade também é elevado, como destacado no tópico "A Caracterização dos Engenheiros Formados", ao final do capítulo 1.

A justificativa para esse fato não é simples, pois ele envolve vários componentes e merece ser até mais bem analisado no nosso país. Mesmo com o risco de ser muito superficial, gostaria de destacar três aspectos do profissional de Engenharia. O engenheiro é um profissional de desenvolvimento por princípio, a sua formação e a visão profissional que recebe nas escolas o fazem sempre raciocinar nesse sentido. Por exemplo, se uma empresa está deficitária, o pensamento normal é o de otimizar e re-

duzir as despesas. Para o engenheiro, além disso, é necessário aumentar também as receitas, geralmente com o aumento da produção.

Outro comportamento, também resultante da sua formação, é que o engenheiro toma decisões que embutem incertezas. Apesar de adotar princípios complexos da Física e de utilizar conhecimentos sofisticados de Cálculo, os modelos definidos nunca são exatos, e a sua adoção é uma decisão de engenheiro. É um profissional que assume riscos e avalia as consequências destes para desenvolver os seus projetos.

Por fim, deve-se ressaltar que o engenheiro enfrenta rotineiramente desafios, convive continuamente com a inovação e aplica ou desenvolve princípios inovadores nas suas atividades constantemente.

Por essas peculiaridades, o engenheiro é um profissional muito valorizado e requisitado nos países desenvolvidos, que usufruem dessa condição econômica privilegiada por ter, justamente, empregado um número grande desses profissionais nas últimas décadas. Reafirmo que os países que passam por processos de rápido desenvolvimento também seguem essa diretriz e formam relativamente um grande número desses profissionais, como a China, a Coreia do Sul e Israel. Nas condições atuais da economia mundial, sempre cheia de incertezas e excessivamente variável, o engenheiro é também um profissional altamente requisitado em outros setores da economia, que buscam as suas aptidões, mais do que seu conhecimento específico.

Não pretendo, nestes poucos parágrafos, justificar a importância dos engenheiros para o desenvolvimento do nosso país, nem responder à pergunta do título deste livro, apenas corroboro o pensamento dos autores, compartilhando a sua preocupação com a formação que se oferece no país.

Quero ressaltar que esse profissional é plenamente aproveitado quando desenvolve Engenharia no país, não apenas empregando conhecimento desenvolvido alhures. Enquanto a nossa indústria considerar mais interessante importar uma patente, geralmente já ultrapassada no exterior, do que investir para desenvolver novos conhecimentos no país, seremos apenas um país de exploradores de mão de obra barata e de insumos abundantes – e não necessitaremos de muitos engenheiros. A mu-

dança do nosso comportamento empresarial, com o incentivo imprescindível do governo, deve ser defendida. Está plenamente demonstrado no exterior que apenas com o desenvolvimento do conhecimento as nossas empresas tornam-se competentes e competitivas internacionalmente.

Os capítulos iniciais do livro, que compõem a parte I, foram escritos pelo professor Roberto Leal Lobo, nos quais discute a visão da profissão e a formação dos profissionais. O autor, baseado em dados estatísticos, expõe a sua preocupação com a pouca atenção que essa profissão tem no país, fazendo várias comparações. Destaco o tópico "Formação e Profissão do Engenheiro: Uma Comparação entre o Brasil e o Exterior", no qual ele demonstra a forte correlação entre o crescimento do produto interno bruto (PIB) de uma nação e o número de engenheiros em atividade. Ele critica a formação desses profissionais no país e, no tópico "As Barreiras à Criatividade no Ensino de Engenharia", mostra as barreiras à criatividade no ensino. Discute, no capítulo 3, a qualidade da formação com a quantidade de formandos, e, no capítulo 4, a organização complexa e burocrática das instituições de ensino do nosso país. Depois, analisa a profissão frente às necessidades atuais de implementar o empreendedorismo, a inovação e a sustentabilidade. Ele advoga que os nossos profissionais devem ser competitivos internacionalmente, já que a profissão está globalizada.

Na parte II, o professor José Roberto Cardoso discorre sobre as diretrizes curriculares do país, com a grande vantagem de incorporar toda a sua experiência como docente e dirigente de escola de Engenharia. Um ponto marcante, que foi apresentado no item "A Visão dos Principais Atores", é a importância do bom acolhimento dos estudantes, notadamente nos primeiros anos, pelos docentes e pelas instituições de ensino, para combater a sensação de "linha de montagem" e a consequente desistência do curso pelos alunos. Depois, o autor apresenta alguns exemplos de boas práticas nacionais, as experiências do Insper, ITA, Mauá, UFMG e da Politécnica da USP, comparando com as de seis instituições estadunidenses. O professor Cardoso não destaca ou compara as experiências apresentadas, ele busca mostrar que há iniciativas bem-sucedidas, e elas têm um espectro bem amplo.

Na parte III, a professora Renata Perrenoud discute as metodologias para o ensino de Engenharia, discorrendo sobre temas que vão desde a necessidade de inovar no ensino até o papel do professor, que deixa de ser o "dador" de aula e passa a ser o direcionador da aula em um espaço diferente das salas de aula atuais. No tópico "As Metodologias Ativas de Ensino e Aprendizagem", no capítulo 10, a autora apresenta e comenta quatro novas metodologias já utilizadas para o ensino de Engenharia: *project based learning*, *peer instruction*, *team based learning* e *problem based learning*. A autora demonstra que as mudanças são bem intensas, influenciando a avaliação dos alunos e a própria estrutura da instituição de ensino.

Nas conclusões do livro, a professora Maria Beatriz Lobo, de uma forma muito astuta, discute como fazer essas alterações de metodologias de ensino no nosso ambiente universitário, alertando sobre as dificuldades não triviais e mostrando que trata-se de um desafio para quem vier a assumir esse tipo de tarefa.

Quero parabenizar os autores pelo trabalho feito e, mais ainda, agradecê-los por terem assumido essa tarefa de estudar o tema e apresentar à comunidade profissional e acadêmica as suas preocupações pela profissão e pela preparação desses profissionais, além de apresentarem sugestões para o aprimoramento e a atualização da formação de engenheiros no Brasil. O desafio está lançado, cuidadosamente explicado, com modelos viáveis e exequíveis descritos. Cabe agora à comunidade profissional defender a profissão para o bem do país, garantindo o seu desenvolvimento que tanto desejamos. Cabe aos acadêmicos a coragem de iniciar as mudanças requeridas para atender a sociedade com profissionais mais bem preparados para as suas demandas.

LANÇAMENTO 2020

JÁ DISPONÍVEL

LIVRARIA VIRTUAL

www.edusp.com.br/loja

LIVRARIAS

www.edusp.com.br/livrarias

INFORMAÇÕES

Divulgação Edusp

divulga@usp.br

edusp