

## NOVO PARADIGMA

# Graduação em engenharia deve ser mais ampla

**Por C. Judson King**

Diretor do Centro para Estudos em Educação Superior da Universidade da Califórnia, em Berkeley; vice-presidente sênior emérito de Assuntos Acadêmicos para o sistema da Universidade da Califórnia e professor emérito de Engenharia Química em Berkeley. Este texto foi publicado originalmente em junho de 2006 (*Research & Occasional Paper Series: CSHE.8.06*)

O ambiente para os engenheiros e a natureza das carreiras relacionadas à engenharia nos Estados Unidos estão mudando em aspectos fundamentais. As questões envolvendo os engenheiros tornam-se cada vez mais pluridimensionais, interagindo com políticas públicas e regulamentações, entre outras áreas. Isso é resultado natural de uma maior penetração da tecnologia na sociedade e na política. Temos vários exemplos em áreas como energia, meio ambiente, comunicação, segurança nacional, transporte, biotecnologia, alimentos e água. O engenheiro hoje deve olhar para fora e interagir diretamente com outros tipos de profissionais nas mais variadas formas.

O setor está cada vez mais globalizado. Como resultado, o engenheiro deve compreender e lidar com outros países e culturas. A globalização e os acelerados avanços na tecnologia da informação

também estão rearranjando o mercado laboral no mundo todo e as funções dos engenheiros. Muitos postos de trabalho que normalmente eram de nível iniciante para engenheiros americanos hoje estão sendo deslocados, de maneira irrevogável, para outros países. Somos lembrados disso quando contactamos centros de suporte técnico de empresas de software. Os níveis salariais nos Estados Unidos não conseguem competir de forma eficaz por esses postos de trabalho em um mundo tão inteiramente conectado pela comunicação de banda larga. Essa situação só vai se acentuar, já que China e Índia hoje têm muito mais graduados em engenharia do que os Estados Unidos, que forma apenas 7% dos engenheiros do mundo<sup>[1]</sup>. Mesmo assim, as bases da economia americana são altamente tecnológicas, e sua necessidade por profissionais da área só vai aumentar.

[1] W. A. Wulf, "A Disturbing Mosaic", *The Bridge* (Washington, DC: National Academy of Engineering, Fall 2005).

**Cursar disciplinas em vários departamentos diferentes com outros alunos com diferentes históricos e objetivos educacionais serviria para expor o potencial engenheiro a uma variedade de formas de pensar**

Outra mudança que ocorreu de forma mais ou menos simultânea: os profissionais americanos mudam de empregador e até de função com muito mais frequência do que no passado. Essa tendência resulta de incorporações, reestruturações e downsizing em empresas, menores incentivos para que os funcionários permaneçam com um empregador ao longo da carreira, e menos segurança empregatícia, assim como da atratividade de novas empresas. A engenharia é mais afetada por tal situação do que a maioria das outras profissões.

Como resultado dessas mudanças, os interesses dos profissionais de engenharia e os interesses dos empregadores divergem. O engenheiro deve reunir os recursos para ter flexibilidade e movimento, enquanto os empregadores buscam aquelas habilidades analíticas e sintéticas necessárias na função atual, menos preocupados com possíveis funções futuras ou mobilidade no trabalho.

Também existe uma mudança no sentido de perceber a educação superior mais como um benefício privado do que público. Em outras palavras, ela está sendo vista cada vez mais como um benefício para o indivíduo, em lugar de um benefício geral para a sociedade. Isso se reflete em mensalidades mais altas para a educação superior pública, redução do apoio governamental a universidades públicas e pressões para que o mérito acadêmico seja o único critério para entrada

na universidade. Se essa tendência é boa ou ruim é questão a ser discutida em outro fórum, mas ela é real. Na medida em que o indivíduo paga o custo da educação, o programa acadêmico deveria beneficiar o indivíduo.

**T**radicionalmente, os engenheiros não recebem um ensino que produz a flexibilidade para entrar em áreas não relacionadas à engenharia ou até administrativas. A rota padrão para a administração é obter um MBA após a formação universitária. São raros os engenheiros no Congresso ou em outras posições de liderança pública. Temos visto relativamente poucos engenheiros como CEOs e outras posições que envolvem tomada de decisão de alto nível.

A capacidade dos engenheiros de trabalhar em outras áreas e de forma eficaz com profissionais com outras formações é limitada pela natureza estreita e autocentrada de sua educação.

A engenharia é tipicamente a única área de graduação que não está sujeita, ou está bem menos sujeita, às exigências de educação geral comuns em outros cursos. O raciocínio por trás disso é que o engenheiro precisa saber a ciência requerida assim como engenharia, e simplesmente não sobra muito espaço para outras disciplinas em um currículo reconhecido de graduação.

Quando me formei em Yale, há 50 anos, re-

**O currículo de bacharelado deve ser uma formação liberal ampla, permitindo maior escolha de áreas de concentração. Como todas as outras pessoas, os engenheiros precisam entender a sociedade e a condição humana para poder funcionar bem no trabalho com os outros e ter uma vida enriquecida**

---

# **A capacidade dos engenheiros de trabalhar em outras áreas e de forma eficaz com profissionais com outras formações é limitada pela natureza estreita e autocentrada de sua educação**

cebi um BE (Bachelor of Engineering) em vez do AB (Bachelor of Arts) recebido por meus colegas de outras graduações. Enquanto outros diplomas eram escritos em latim, o meu estava em inglês. Eu frequentei a School of Engineering em vez do Yale College, que abrigava os outros estudantes<sup>[2]</sup>. Isso refletia a controvérsia que ocorria em instituições como Yale e Harvard, sobre se a engenharia pertencia a uma universidade ou a uma faculdade de graduação baseada em educação liberal e, caso positivo, de que forma<sup>[3]</sup>. Uma questão relacionada é quanto de educação liberal deve estar presente no currículo de alunos de engenharia, se é que deve estar<sup>[4]</sup>.

**A** imagem da engenharia como um currículo cheio e limitado tornou difícil atrair estudantes com perspectivas, interesses e estilos de aprendizado mais amplos. Interessante notar que os engenheiros estão entre os principais participantes dos relativamente novos programas de educação continuada Master of Liberal Arts, sugerindo que eles percebem a limitação de sua própria educação em retrospecto quando estão no meio da carreira. Essa imagem pode ser um grande obstáculo para aumentar o número de mulheres e minorias que se tornam engenheiros. No entanto o envolvimento de pessoas de todos os tipos é certamente necessário para o futuro da profissão de engenharia.

Que mudanças são necessárias?

A melhor abordagem é simples em seu conceito. A graduação em engenharia deve ser uma graduação liberal de escopo mais amplo, e o mestrado deveria se tornar o diploma profissional e credenciado.

## **O MESTRADO COMO DIPLOMA PROFISSIONAL**

Não existe profissão comparável para a qual o bacharelado é o principal diploma profissional reconhecido ou para a qual o credenciamento ocorre primariamente no nível de bacharelado. O diploma profissional reconhecido, portanto o principal nível de credenciamento, ou é um doutorado profissional (exemplo: medicina, odontologia, direito, farmácia) ou um mestrado (exemplo: administração, saúde pública, arquitetura).

Refletindo esse fato, os currículos atuais de bacharelado em engenharia são os mais cheios de todos, apesar de suas limitações. Já não é mais realista esperar ser capaz de construir uma base suficiente de matemática e ciência, oferecer educação geral mínima e criar um engenheiro dentro dos limites de um bacharelado de quatro anos, mas é isso que ainda fazemos ostensivamente. Deveríamos, em vez disso, estabelecer o mestrado como o diploma profissional reconhecido e credenciado, criando um caminho de educação que

---

[2] Essa organização mudou em Yale, os departamentos de engenharia agora fazem parte do Yale College.

[3] Ver, por exemplo, W. J. Cunningham, "Engineering at Yale: School, Department, Council, 1932-1982" (New Haven: Connecticut Academy of Arts & Sciences, 1992), escrito da perspectiva de um membro do corpo docente de engenharia de Yale; Wikipedia, "Harvard Division of Engineering and Applied Sciences" [http://en.wikipedia.org/wiki/Harvard\\_Division\\_of\\_Engineering\\_and\\_Applied\\_Sciences](http://en.wikipedia.org/wiki/Harvard_Division_of_Engineering_and_Applied_Sciences)

[4] A controvérsia envolvendo a interface e integração entre as profissões e a educação liberal tem muita história e muitas dimensões. Ver E. F. Cheit, "The Useful Arts and the Liberal Education" (New York: McGraw-Hill, 1976).

resulte nessa formação para que o mestre esteja preparado para a prática profissional.

Para as instituições que escolhem disponibilizar um programa profissional com mais profundidade do que o mestrado, o doutorado em engenharia continua sendo uma alternativa. O PhD deve continuar sendo um diploma orientado à pesquisa e pode evoluir a partir do mestrado ou ser um programa independente com seu próprio caminho.

### **O PAPEL E A NATUREZA DO BACHARELADO**

O currículo de bacharelado deve ser uma formação liberal ampla, permitindo uma maior escolha de áreas de concentração. Todas as outras formações profissionais mencionadas acima são construídas sobre a base da educação liberal no nível de bacharelado. Como todas as outras pessoas, os engenheiros precisam entender a sociedade e a condição humana para poder funcionar bem no trabalho com os outros e ter uma vida enriquecida. Na verdade, isso seria um retorno aos amplos aspectos do ensino de engenharia do final dos anos 1800, quando havia um bom componente de humanidades e disciplinas de educação liberal. A mudança reconheceria que o material técnico a ser aprendido aumentou bastante desde então, mas também que a necessidade de começar por uma graduação liberal aumentou, em vez de diminuir.

Um resultado dessa nova estrutura seria que os estudantes aspirantes a engenheiros seguiriam os requerimentos de educação geral da graduação.

Outro benefício seria que os alunos desenvolveriam habilidades de pensamento e escrita em uma variedade de contextos, não apenas engenharia. Durante os anos de graduação, o aluno também seria capaz de participar de um programa de intercâmbio, se a instituição mantém algum, portanto obtendo envolvimento direto com culturas, tradições e valores de um ou mais países. Todas essas experiências, e o fato de cursar disciplinas em vários departamentos diferentes com outros alunos com diferentes históricos e objetivos educacionais, serviriam para expor o potencial engenheiro a uma variedade de perspectivas e formas de pensar.

Um recente relatório da National Academy of Engineering (NAE) reconhece a necessidade de educação adicional e recomenda um diploma pré-engenharia ou bacharelado em engenharia, seguido de um mestrado que forma um profissional ou “engenheiro mestre”<sup>[5]</sup>. O relatório declara que “a indústria e as sociedades profissionais devem reconhecer e recompensar a distinção entre um engenheiro iniciante e um engenheiro que domina um ‘conjunto de conhecimentos’ de uma disciplina da engenharia por meio do avanço na educação formal ou de estudos individuais seguidos por exames”. O credenciamento existiria em ambos os níveis. O prolongamento do ciclo educacional seguramente é um passo na direção certa. No entanto, o relatório implica uma graduação em engenharia como o caminho para seguir adian-

---

[5] Cheit 61-82

**Durante os anos de graduação, o aluno também seria capaz de participar de um programa de intercâmbio, obtendo envolvimento direto com culturas, tradições e valores de um ou mais países**

---

# **A mudança reconhecera que o material técnico a ser aprendido aumentou bastante desde então, mas também que a necessidade de começar por uma graduação liberal aumentou, em vez de diminuir**

te, ou mesmo um pré-requisito, para o diploma de pós-graduação, profissional. Os objetivos de amplitude, flexibilidade e capacidade de entender uma variedade de modos de pensamento são melhor servidos ao se remover a restrição de que a graduação seja em engenharia.

Nenhuma outra profissão espera um bacharelado no mesmo tema como pré-requisito ou até caminho preferencial para o diploma de pós-graduação, profissional. Entretanto, em alguns casos a educação profissional de pós-graduação vale-se de certos cursos ou categoria de cursos realizados no nível de graduação. Um exemplo é a medicina, ela mesma sendo parente próximo da engenharia, quando não uma forma dela. Escolas de medicina concordam, em geral, que um iniciante deve ter completado cursos em certas disciplinas. Elas não incentivam uma especialidade ou grupo de especialidades em particular no nível de bacharelado. Em vez disso, estimulam várias áreas de concentração e muitas vezes até consideram a variedade como um critério desejável na composição de aulas para os iniciantes. A mesma prática seria benéfica para engenharia.

O leque de disciplinas em medicina normalmente exigidas consiste em química geral, física e biologia geral (incluindo zoologia de vertebrados), e química orgânica, todos com laboratório<sup>[6]</sup>. Cálculo, cursos avançados de ciências biológicas, hu-

manidades e redação são recomendados. Para as várias especialidades de engenharia, deveria ser possível identificar um conjunto de cursos similares no nível da graduação que são desejáveis para entrar no nível de pós-graduação profissional.

## **A NATUREZA DO MESTRADO**

O mestrado profissional logicamente deveria ser um programa de dois anos, enfatizando cursos na disciplina particular de engenharia, mas também permitindo algumas possibilidades para que o estudante obtenha um conhecimento mais profundo de ciência, ou curse algumas disciplinas, até de concentração menor, em áreas como economia, políticas públicas, direito ou negócios.

Mesmo com o espaço adicional no currículo geral criado pelo mestrado, os elementos de engenharia e ciência do currículo devem reconhecer que o conhecimento cresce exponencialmente e, conseqüentemente, torna-se cada vez mais compartimentalizado. Um diplomado pode não saber toda a metodologia pertinente e informações necessárias para uma carreira em engenharia. Em vez disso, ele pode ser capaz de localizar, dominar e aprendê-la conforme for necessário. Esse fato deve ser reconhecido em grande medida na elaboração dos cursos.

## **UM COMPONENTE DE ENGENHARIA NA EDUCAÇÃO LIBERAL**

Uma mudança no mestrado como formação profissional não necessariamente implica que

---

[6] Ver, College of Letters & Science, UC Berkeley, "Pre-Medical Preparation", <http://ls-advise.berkeley.edu/pyyac/freshman/premed.html>; and UCSF School of Medicine, "Course Requirements", <http://www.medschool.ucsf.edu/admissions/apply/gettingstarted.aspx#courserequiremnts>.

os professores de engenharia seriam em grande parte removidos da graduação. Haverá uma necessidade contínua por cursos iniciais que exemplifiquem a natureza da engenharia. Além disso, cursos de engenharia podem, eles próprios, fazer parte do programa de educação geral de uma universidade. Uma notável iniciativa nesse sentido é a do Centro para Inovação em Educação de Engenharia de Princeton, cujo objetivo é expandir seus cursos interdisciplinares de forma que mais de 90% dos estudantes de graduação de Princeton cursem pelo menos uma disciplina de engenharia<sup>[7]</sup>. Essas medidas ajudariam bastante a criar líderes mais alfabetizados tecnologicamente nos Estados Unidos.

Indo além, deveria haver também uma graduação em engenharia ou tecnológica em artes liberais que atraísse os alunos com interesses e planos de carreira mais amplos. Já existem programas assim em Harvard, Yale, Dartmouth, Brown e Lafayette. Essas graduações em engenharia são livres de todas as exigências de matemática, ciência e engenharia das atuais graduações credenciadas pela Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) e não pretendem ser graduações pré-engenharia. Os formados nesses programas podem seguir adiante para uma formação profissional diferente, como medicina, administração ou direito, ou podem optar por qualquer um dos variados caminhos de carreira buscados por formados em artes liberais em geral, com o valor agregado de terem tido uma exposição considerável à engenharia.

Uma situação análoga aplica-se aos cursos de graduação atuais em áreas como ciências biomédicas, estudos jurídicos e negócios.

Um número significativo de estudantes de engenharia entra através da rota de transferência do community college, que também é uma avenida promissora para aumentar a diversidade étnica e de gênero<sup>[8]</sup>. A conversão para um bacharelado de faculdade e o mestrado como um diploma de credenciamento deve oferecer muito mais liberdade de movimento nas transferências, portanto tornando essa rota muito mais fácil e mais atraente para se seguir.

### **REALIZANDO A TRANSIÇÃO**

A mudança não será fácil. O bacharelado atual está bem arraigado como ponto de entrada para a profissão. Existe um custo para a educação adicional, tanto para o estudante quanto para a instituição. A maioria das empresas está mais que disposta a contratar formados em engenharia. Algumas se interessam pelo salário mais baixo que vem com um diploma de graduação em engenharia – outro exemplo dos interesses de engenheiros divergindo dos de empregadores. A reestruturação proposta aqui beneficia formados em engenharia ao dar a eles mais flexibilidade e os meios para salários mais altos e carreiras gratificantes. No entanto, os estudantes tenderam, no

---

[7] Steven Schultz, "Rethinking Engineering Education", Princeton Weekly Bulletin, v. 95, no. 6 (17 October 2005), <http://www.princeton.edu/pr/pwb/05/1017/>.

[8] National Academy of Engineering & National Research Council, *Enhancing the Community College Pathway to Engineering Careers* (Washington DC: National Academies Press, 2005).

**Na verdade, isso seria um retorno aos amplos aspectos do ensino de engenharia do final dos anos 1800, quando havia um bom componente de humanidades e disciplinas de educação liberal**

# **Mesmo com o espaço adicional no currículo geral criado pelo mestrado, os elementos de engenharia e ciência do currículo devem reconhecer que o conhecimento cresce exponencialmente e, conseqüentemente, torna-se cada vez mais compartimentalizado**

passado, a resistir a programas de bacharelado de cinco anos e a programas combinados de bacharelado e mestrado.

O fato de que os estudantes normalmente levam quatro anos e meio a cinco anos para concluir os programas atuais de bacharelado compensa o tempo e custo extra para eles. Com a nova estrutura proposta, eles devem ser capazes de concluir o bacharelado em quatro anos. Dependendo das políticas orçamentárias da instituição, grande parte ou todo o custo institucional pode ser compensado por maiores verbas por estudante concedidas aos departamentos de engenharia por causa da mudança de foco para a educação de nível de pós-graduação.

**O**utras profissões oferecem evidências de que a mudança pode acontecer. A educação médica se estendeu constantemente, tornou-se mais uniforme e fez do bacharelado e dos estudos em medicina um pré-requisito durante a primeira metade do século XX, em grande parte devido a um consenso em evolução entre escolas de medicina<sup>[9]</sup>. Uma transição similar, mas menos ordenada, ocorreu com o direito<sup>[10]</sup>. Farmácia originalmente era credenciada no nível de bacharelado,

então adicionou o doutorado como alternativa; em 2000, transformou o Doctor of Pharmacy no único diploma de nível de entrada para a profissão<sup>[11]</sup>.

A fonoaudiologia tradicionalmente tem sido credenciada no nível de mestrado<sup>[12]</sup>, mas hoje existe um forte movimento em direção ao uso do doutorado (AuD) como o diploma profissional, e uma nova organização credenciadora foi formada para esse propósito<sup>[13]</sup>.

Quanto a outras profissões, a mudança no diploma profissional credenciado é uma questão para a agência credenciadora; no caso da engenharia, é a ABET. No entanto, a ABET vai considerar e responder aos desejos de seus associados e à realidade do momento. Seria de grande ajuda nesse sentido se os líderes da profissão – NAE, principais universidades e empregadores – promovessem as mudanças, e/ou se algumas universidades de prestígio simplesmente fizessem a mudança. Dizem que os engenheiros são gente que faz. Esta é uma oportunidade para provar que sim.

[9] B. Thorne, "Professional Education in Medicine", in E. C. Hughes, B. Thorne, A. M. DeBaggis, A. Gurin & D. Williams, eds., *Education for the Professions of Medicine, Law, Theology and Social Welfare* (New York: McGraw-Hill, 1973) 23-36.

[10] B. Thorne, "Professional Education in Law", in E. C. Hughes et al., eds., *Education for the Professions*.

[11] Accreditation Council for Pharmacy Education, "History", <http://www.acpe-accredit.org/about/history.asp>.

[12] American Speech-Language-Hearing Association, "Council of Academic Accreditation in Audiology and Speech-Language Pathology", [http://www.asha.org/about/credentialing/accreditation/CAA\\_overview.htm](http://www.asha.org/about/credentialing/accreditation/CAA_overview.htm).

[13] Accreditation Commission for Audiology Education, "Mission & History", <http://www.acaeaccred.org/Pages/MisnHis.html>.