

**O ENGENHEIRO
DE 2020 – UMA
INOVAÇÃO
POSSÍVEL**

José Roberto Cardoso

RESUMO

Este artigo apresenta os desafios das escolas de engenharia, que devem ser superados ao final desta década. O elevado índice de evasão e as altas taxas de reprovação em disciplinas são únicos no ensino superior, de modo que algo precisa ser feito, pois a engenharia, eleita como a profissão do terceiro milênio, por ser aquela que mais agrega qualidade de vida ao ser humano, carece de um cuidado especial em face de sua importância para o país. Nesse sentido, sugerem-se investimentos em uma nova linha de pesquisa, a educação em engenharia, para dar suporte a essas ações e são apresentados modelos alternativos para tornar o curso de engenharia mais atraente. A criação de um espaço lúdico, que alie a engenharia às artes e ao *design*, talvez seja a ação mais efetiva para a integração das engenharias às outras profissões, sendo esta a solução para acelerar o desabrochar do processo criativo e inovador do jovem estudante.

Palavras-chave: educação em engenharia; inovação; avaliação; desafios da engenharia.

ABSTRACT

The challenges faced by engineering schools, which are to be overcome by the end of this decade, are presented. The high rates of evasion and failure in disciplines are unparalleled in higher education; therefore, something must be done, since engineering, elected as the third millennium profession for being that which most adds quality of life for human beings, requires special care due to its importance to the country. In that regard, we suggest investments in a new line of research, engineering education, to support those actions, and present alternative models to make the engineering program more attractive. The creation of a playful space, combining engineering and arts and design, may be the most effective action for integrating the different types of engineering into other profession; and we understand that as a solution to speed up the flourishing of young students' creative and innovative process.

Keywords: education in engineering; innovation; assessment; challenges to engineering.

A

imagem do professor que acompanha um grupo de calouros em visita às instalações dos cursos de engenharia de sua universidade é bem interessante. Diz ele ao grupo: “Este é o local em que daqui a dois anos apenas metade de vocês estará...”.

Por incrível que pareça, essa era a taxa de evasão dos cursos de engenharia em passado recente. Hoje em dia, devido à evolução da economia, o cenário está um pouco melhor, ainda acima de 40%. No entanto, continua a ser o curso com maior evasão de toda a educação superior.

Muito se discutiu sobre as razões desse fenômeno, e o ponto de convergência é sempre a má qualidade do ensino médio. Justifica-se a afirmação pela propalada baixa qualidade das escolas públicas, que não oferecem atrativos profissionais para os estudantes, que veem na carreira de professor o seu objetivo de vida. O agravante déficit de professores de física, química e matemática afasta ainda mais o estudante das ciências exatas, pois temos no país mais de 200 mil professores dessas matérias que não possuem formação acadêmica na área e as transformam em um bicho de sete cabeças por não terem a competência de mostrar a beleza das ciências exatas.

O curioso é que o desempenho de nossos alunos do ensino médio, que ingressam em cursos superiores de qualquer outra profissão, das ciências

humanas às ciências médicas, é bem superior ao daqueles que optam pelas profissões da área tecnológica. Serão aquelas tão fáceis, que as deficiências do ensino médio não se fazem sentir?

Observa-se, no entanto, que mesmo nas boas escolas de engenharia, como são aquelas das universidades públicas, as quais abrigam estudantes originários dos melhores colégios do país, o índice de reprovação em disciplinas de matemática e física é assustador. Taxas de aprovação da ordem de 40% ou abaixo são comuns em cursos de cálculo e física. Tal nível de dificuldade constitui uma barreira muitas vezes difícil de ser superada pela maioria dos alunos na primeira vez que a enfrenta. Esse fenômeno não ocorre apenas em nosso país. Relatos semelhantes vêm dos Estados Unidos e são documentados em vários artigos e livros sobre *educação em engenharia*.

Essa nova linha de pesquisa exerce papel importante na educação superior americana, cuja economia se baseia na produção de alta tecnologia. Uma das razões de sua existência é devida à constatação do crescimento da desvinculação entre a prática da engenharia e a nova geração de professores, talvez pressionados pela exigência da produção de *papers* e balizados pela política do *publish or perish* para o financiamento de suas pesquisas.

JOSÉ ROBERTO CARDOSO é diretor da Escola Politécnica da USP e autor de *Engenharia Eletromagnética* (Campus).

Onde elas existem, nos centros de pesquisas sobre *educação em engenharia*, são desenvolvidas técnicas de ensino modernas, aliadas à busca de políticas arrojadas para entender como os estudantes aprendem e as visões pedagógicas que os estimulam.

O Brasil ainda não foi despertado para essa importante linha de pesquisa acadêmica. Os poucos que se aventuram a se dedicar em tempo integral a essa atividade não veem valorizados seus esforços pela comunidade. São raros os programas de pós-graduação em engenharia que abrigam essa linha de pesquisa, apesar dos esforços empreendidos pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia (Abenge) e do reconhecimento de sua importância pelas autoridades educacionais.

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E CARGA HORÁRIA

Recentemente estudamos o histórico escolar de uma engenheira civil formada na Universidade da Flórida em Gainesville. Os cursos de engenharia dessa universidade estão ranqueados entre os 50 melhores cursos de engenharia americanos. A diferença que se observa entre seu histórico escolar e o de qualquer escola de engenharia nacional é enorme. De fato, nosso mundo educacional é completamente diferente. A carga horária semanal é de 15 horas em programa de quatro anos, que é a média americana, enquanto a carga horária das escolas de engenharia brasileiras está em torno de 25 horas semanais em sala de aula (ou laboratório) em um programa de cinco anos. A baixa carga horária se justifica pelo modo de vida do estudante americano, que valoriza o trabalho extraclasse, normalmente realizado com suporte de infraestrutura adequada de bibliotecas, laboratórios, alojamentos e recursos financeiros. Essa é a postura dita *centrada nos alunos*, os quais se responsabilizam pela busca do conhecimento fora de aula, com o professor se comportando como orientador e, em alguns casos, como tutor.

No Brasil, por outro lado, a escola de engenharia enfatiza a importância do trabalho em classe ao tentar esgotar seus conteúdos em demonstrações sofisticadas e extensas em sala de aula, na certeza de que isso enriquece o aprendizado e refina o raciocínio *engenheiro*. Essa postura, dita *cen-*

trada no professor, acarreta duas dificuldades. A primeira é que para isso é necessária carga horária elevada, como as 25 horas já citadas; a segunda é que não há tempo suficiente extraclasse para sedimentar o aprendido em aula.

O professor sabe disso e por essa razão não carrega o aluno com projetos que exigem longo tempo de elaboração e reflexão, que são a essência da engenharia, e supõe que as *listas de exercícios* são suficientes para completar o ensino em classe.

Essa tradição do ensino de engenharia nacional leva à adoção de critérios de avaliação pontuais, através de poucas provas, que são prejudiciais ao aluno.

Os educadores sabem que as avaliações pontuais são injustas. Nelas o conhecimento explícito é o único que é avaliado, e o conhecimento implícito, maior parte do total, expressa-se mediante estímulos de longo prazo e não em uma prova.

Não são contempladas, nas avaliações, atividades importantes dos alunos, tais como: presença, participação na aula, procura do professor fora do horário da aula para discussão sobre a matéria e outros temas. Visitas a empresas e plantas industriais são raras e, na maioria das vezes, organizadas pelos próprios estudantes e sem o planejamento acadêmico adequado.

Voltando à questão dos projetos de longa duração, verifica-se que estimulam a pesquisa, a vivência nas bibliotecas e reuniões em grupo, nas quais as habilidades de comunicação e liderança são praticadas. Como essa tradição não faz parte de nosso cotidiano, uma lacuna importante da formação em engenharia deixa de ser preenchida.

Em essência, a substituição da avaliação concentrada – realizada unicamente através das provas – pela avaliação distribuída organizará melhor a vida do estudante, estimulará o contato professor/aluno, e a figura do professor para o estudante será valorizada, pois a ação tutorial aparecerá naturalmente. Mais do que isso, a avaliação distribuída dá chances de recuperação e se refletirá sensivelmente nos índices de reprovação.

Uma pergunta surge quando um cenário como este é exposto: o que fazer quando as turmas são numerosas? Encontraremos a resposta um pouco mais adiante quando discutiremos o impacto da tecnologia da informação e comunicação (TI&C) na educação superior.

NOVOS MODELOS: CURSOS COOPERATIVOS

Nosso modelo de curso semestral está arraigado na sociedade brasileira. Dizem que assim foi escolhido há centenas de anos em função da colheita das fazendas. As férias de verão são longas e, junto com as de inverno, consomem quatro meses do ano. Mudar isso é uma tarefa difícil na educação brasileira, no entanto, algumas experiências interessantes foram levadas a cabo e, apesar de não terem se expandido na escala que se esperava, continuam a ser um modelo para reflexão.

O modelo que será apresentado parece, a princípio, uma proposta que se encaixa bem para as engenharias por estimular o aprendizado da profissão com a cooperação do setor produtivo. No entanto, para qualquer outra profissão, seja das humanidades ou das ciências médicas, o modelo denominado *courses cooperativos* é aplicado com sucesso.

A ideia é antiga. Surgiu nos Estados Unidos na Universidade de Cincinnati por iniciativa de Hernan Schneider, engenheiro civil graduado na Universidade Lehigh. Schneider optou pelo mercado antes de se tornar professor da Universidade de Cincinnati, em 1903. Sua ideia tomou corpo ao observar a total separação entre a teoria e a prática da engenharia – reforço que estou falando de 1903, pois esse cenário ainda é atual, sobretudo em nosso país – devido ao fato de o professor não possuir a vivência do exercício da engenharia. Em sua concepção, o formando estará completo para o mercado de trabalho se estagiar, no mínimo, 15 meses antes de sua formatura.

O primeiro teste, em 1903, foi realizado alternando-se escola e trabalho semanalmente, depois quinzenalmente, depois mensalmente e, por fim, quadrimestralmente.

Outras escolas logo aderiram à proposta, como a Universidade Northeastern, em 1909, a Universidade de Pittsburgh, em 1910, a Universidade de Detroit, em 1911, e a Georgia Tech, em 1912. No formato atual, várias acomodações foram realizadas, pois esse modelo de curso de engenharia é fortemente afetado pelo local de sua instalação, de modo que não há como conceber dois cursos cooperativos idênticos em diferentes cidades.

O Brasil foi o primeiro país da América Latina a adotar o curso cooperativo na década de 1980,

quando a Escola Politécnica da USP instalou-se na cidade de Cubatão (SP), com vários cursos nessa modalidade. Embora a experiência tenha sido descontinuada por problemas de infraestrutura local, foi logo retomado no *campus* da capital, com as devidas adaptações para se acomodar ao ambiente da Grande São Paulo.

Apesar de essa experiência não ter sido replicada em grande escala em outras universidades brasileiras, a ideia continua na pauta das discussões da educação em engenharia nacional. A mais recente experiência de sucesso é a praticada pela Universidade Federal do ABC (UFABC), a qual, com as devidas adequações, que envolveram a criação de um bacharelado interdisciplinar, tem sido o paradigma de uma proposta inteligente e inovadora no ensino da engenharia.

Como referência, em 1989 havia mais de mil programas cooperativos nos Estados Unidos em todas as áreas do conhecimento, que envolviam um contingente de aproximadamente 250 mil estudantes. Nas engenharias, os números de 2004 mostraram que quase 100 escolas de engenharia, envolvendo mais de 30 mil alunos, praticavam essa modalidade.

Concluindo, o curso cooperativo permite a mistura da aplicação prática com a teoria ensinada nas salas de aula. Embora sua estrutura possa mudar de uma geração para outra, sua grande virtude é utilizar o mundo real como laboratório, além de permitir soluções logísticas para uma ocupação mais racional do espaço acadêmico e aproveitamento do tempo do estudante.

O CURSO COOPERATIVO E O BACHARELADO INTERDISCIPLINAR

O bacharelado interdisciplinar, antes de ser um modelo para as engenharias, é um modelo de universidade. Consagrado com o Processo de Bolonha, entrou na pauta da universidade brasileira nesta década, sobretudo nas universidades federais.

Esse modelo, similar ao regime de ciclos, introduzido no Brasil por Anísio Teixeira, na Universidade do Distrito Federal, em 1934, e recriado por Darcy Ribeiro, na UnB, em 1961, é, segundo o professor Naomar de Almeida, a arquitetura curricular predominante nos países europeus.

A experiência marcante foi a de 2005, quando da criação da Universidade Federal do ABC, a qual

inaugurou o bacharelado interdisciplinar em C&T, com um primeiro ciclo de três anos e onze opções de segundo ciclo. Essa experiência foi replicada em várias outras universidades brasileiras, com concentração maior nas universidades federais.

Esse modelo, aplicado nas escolas de engenharia das grandes universidades, tem gerado correntes de pensamento antagônicas. A favorável é aquela que busca uma formação mais generalista do engenheiro, pois a definição da carreira só ocorre nos dois últimos anos do curso. A contrária defende que tal modelo gera insegurança ao aluno, que tem sua opção de carreira definida e não tem certeza de que essa opção será a ele oferecida no quarto ano, visto que o número de vagas por modalidade é limitado. Podemos citar ainda aquela corrente de professores que se mantém arraigada na tradição da instituição e é refratária a qualquer tipo de mudança.

A primeira vai ao encontro daqueles que veem a existência de mais de 300 habilitações de engenharia como improdutivo, pois, além de reduzir a mobilidade dos engenheiros, o excesso de especialização inibe a criatividade e a inovação, ambas fortemente multidisciplinares.

A segunda, muito pouco discutida no meio acadêmico, refere-se à competitividade entre as profissões. Levantamento que realizamos em 2006 mostrou que, na Escola Politécnica da USP, algo em torno de 70% a 80% dos estudantes que desejam cursar engenharia se interessam pelas carreiras de computação, mecatrônica e produção, pela ilusão de que é mais fácil encontrar uma posição com essas qualificações, o que, acreditamos, se reproduz na maioria das grandes escolas de engenharia. Como o número de vagas é limitado, justifica-se a preocupação do estudante com o seu futuro. Esse fenômeno implica competições – durante os três primeiros anos do bacharelado interdisciplinar – agressivas entre os alunos que querem essas habilitações, o que pode afetar o relacionamento entre eles e, em alguns casos, com o corpo docente.

O desafio está em encontrar um modelo de bacharelado interdisciplinar que evite esse conflito. Como na raiz de um problema cabe uma inovação, estamos diante dela. Não tenho dúvidas de que isso é possível. Temos sugestões, que talvez seja melhor explicitar em outro momento, visto que ainda carecem de amadurecimento em algumas ideias.

MODELO *HANDS-ON*: OLIN COLLEGE

Não existe escola de engenharia mais discutida na atualidade do que a Franklin W. Olin College of Engineering. Sua proposta político-pedagógica inovadora tem colhido elogios da maioria dos dirigentes educacionais. A ideia de sua criação vem de 1997, no entanto, a primeira turma de 75 alunos, recrutados de todas as partes do país, ingressou em agosto de 2002. Apesar de ainda não ter tradição, a Olin College, já na sua primeira turma, atraiu estudantes com qualificações suficientes para ingressar em qualquer outra instituição de renome dos Estados Unidos, tais como MIT, Harvard e CalTech, pois enxergaram nessa escolha a oportunidade de entrar para a história ao participar de uma experiência inovadora no ensino da engenharia.

A Olin College concebeu seus cursos em torno daquilo que foi denominado “*Olin triangle*”, tendo em seus vértices a excelência em engenharia, o empreendedorismo, contemplando a filantropia e a ética e, por fim, as artes, envolvendo criatividade, inovação, *design* e comunicação. Com a intenção de se tornar a “renascença dos engenheiros”, a maior parte do tempo é despendida na realização de projetos em cursos interdisciplinares, que priorizam o trabalho em equipe e a habilidade de comunicação.

A cooperação com três outras instituições próximas, Babson College, Wellesley College e Universidade Brandeis, da região de Boston, disponibiliza um grande elenco de disciplinas em negócios, economia, psicologia, artes e humanidades, que deixa a Olin College livre para sua função principal.

A instituição se diferencia em vários aspectos. Primeiro, não é organizada em departamentos. Os professores são membros de um único grupo interdisciplinar. Os contratos dos professores são renovados anualmente e não há a segurança do tradicional *tenure system*.

O objetivo principal é desenvolver a cultura da inovação e o pensamento empreendedor. As disciplinas básicas de matemática, física e química estão amalgamadas nas disciplinas profissionais. A postura da técnica da mão na massa – *hands-on* – é praticada, e em cada fase é executado um plano de quatro estágios consistindo de descoberta da melhor prática, da inovação, do desenvolvimento e dos ensaios.

A grande virtude desse modelo foi a descoberta de que se pode dar um curso de engenharia de alto nível sem a necessidade de uma barreira disciplinar de conteúdo básico, como ocorre nos cursos tradicionais. Afinal, supor que a criação na engenharia está vinculada ao conhecimento da matemática e da física é admitir que nada poderia ser construído no mundo antes da existência de Galileu e Newton.

A estrutura curricular é organizada em módulos, de quatro a cinco semanas cada, e inclui viagem de um mês ao *campus* da Georgia Tech, em Metz, na França.

David Kerns, *provost* da instituição, traça o perfil do professor com as seguintes características: paixão pelo ensino e educação; inovador e criativo e com inserção no setor produtivo; habilidade no trabalho em equipe; postura proativa; permanentemente atualizado com as modernas técnicas de ensino, entre outras competências.

Preocupada em manter-se num contínuo processo de inovação na educação em engenharia, a F. W. Olin Foundation induz, com recursos generosos, projetos educacionais. Invention 2000 foi o primeiro deles. Com duração de dois anos, os projetos de pesquisas focalizaram: experiências extracurriculares; consolidação da cultura de inovação institucional; procedimentos operacionais da instituição; *marketing* e relações externas e estrutura de governança.

O currículo apresenta as seguintes características que o diferenciam das demais escolas de engenharia: ênfase no projeto (de 20% do tempo no início do curso a 60% no final); avaliação distribuída; extinção de barreiras entre disciplinas; ênfase no trabalho em equipe; flexibilidade com responsabilidade.

A experiência da Olin College, apesar de completar apenas uma década, o que é muito pouco para avaliar sua eficiência, tem recebido a atenção de número cada vez maior de educadores em engenharia. Seu modelo tem sido exportado para outros países, inclusive para o Brasil, como a experiência da nova escola de engenharia do Instituto de Ensino e Pesquisa (Insper).

Em recente apresentação no Insper, Richard Miller, presidente da Olin College, afirmou que seus egressos recebem, em média, US\$ 18.000 anuais a mais que qualquer outro engenheiro americano de escolas de primeira linha. E suas afirmações de que, para os engenheiros, a criatividade é

mais importante que o conhecimento e que a engenharia é um processo e não um conjunto de saberes estarão no cerne desse movimento que denominou de “*innovating engineering education*”.

O IMPACTO DA TI&C NA EDUCAÇÃO

Como introdução ao tema, o Gráfico 1 mostra a evolução do número de transistores presentes em um *chip* ao longo do tempo. Em essência, esse gráfico traduz o que foi denominado Lei de Moore, em homenagem a Gordon E. Moore, o emblemático presidente da Intel, que, em 1965, profetizou que a capacidade de processamento dos computadores dobraria a cada dois anos. A realidade mostrou-se bem aderente à sua profecia a ponto de se imaginar, se ela continuar válida como nos últimos quarenta anos, que, em 2020, o *notebook* pelo qual pagamos 2 mil reais terá velocidade de processamento de um milhão de *gigahertz*, memória de milhares de *terabytes* e conexão a rede de dados à velocidade de *gigabits* por segundo.

Qual a consequência disso? É difícil imaginarmos, mas não será impossível supor indivíduos comunicando-se através de ambientes simulados, baseados em realidade virtual, ou “telepresença”, com *softwares* que coletarão, organizarão, farão relatórios e resumirão conhecimentos baseados nas reações humanas.

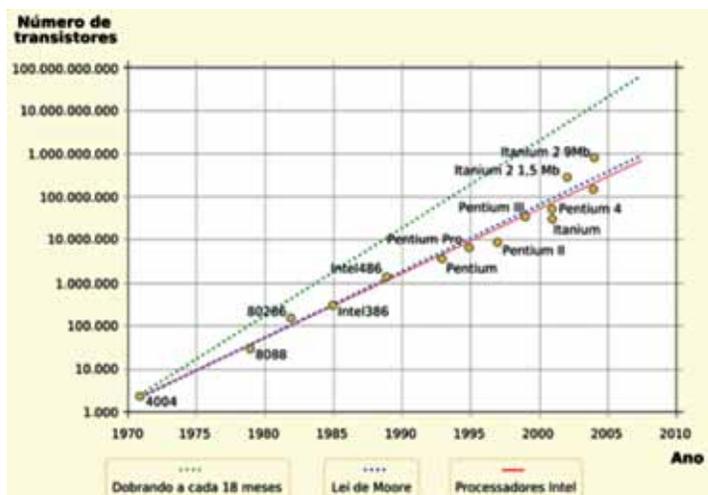
O impacto da TI&C na educação atuará em duas frentes. Na primeira, possibilitando a evolução sensível da inserção dos jovens no ensino superior. No Brasil, apenas 17% de nossos jovens dos 18 aos 24 anos estão na universidade. Como será a universidade brasileira se esse índice chegar, como desejamos, a 50% de nossa juventude?

Podemos responder a essa questão parafraseando Peter Drucker (1999): como criar experiências educacionais como fazemos, conhecendo o que nós conhecemos, com 200 ou 300 alunos em sala de aula? Evidentemente enfrentaremos esse desafio no futuro, esperamos não muito distante, no qual a manutenção da qualidade do ensino, apesar do crescimento vertiginoso da demanda, será a grande dificuldade a ser vencida.

Nesse cenário, a TI&C cumprirá seu papel, disponibilizando sistemas computacionais com funcionalidades que permitirão oferecer cursos de alta qualidade, mediante um ensino *on-line* síncrono

GRÁFICO 1

TRANSISTORES EM UM CHIP X TEMPO



ou assíncrono, com alto grau de interatividade, como nos jogos eletrônicos.

A segunda frente será como apoio ao ensino presencial, o que já ocorre atualmente no país de forma tímida. Plataformas que exploram técnicas de comunicação das redes sociais, que mantêm os estudantes conectados espontaneamente, de modo a criar comunidades, no caso, a classe, com alta interatividade, o que possibilita o autoaprendizado, tendo como timoneiro o professor. Essa técnica, denominada *blending education*, que mistura o ensino *on-line* com o presencial, está angariando muitos adeptos na academia, e sua utilização cresce a cada dia nos Estados Unidos e na Europa.

A *blending education* não é simplesmente o ato de disponibilizar na rede o material didático para os estudantes através de ferramentas computacionais consagradas, como o Moodle. Antes disso, é uma ferramenta de ensino, cujos conteúdos são escolhidos com cuidado e disponibilizados aos estudantes nessa modalidade. Com esses conteúdos *on-line*, a aula se resume a um ambiente de diálogo e discussão sobre as questões levantadas pela comunidade.

Em futuro próximo, com a difusão dessas ferramentas de geração de comunidades de conhe-

cimento, o professor voltará a ser o tutor, como ocorria no passado, quando as classes eram minúsculas. O ensino terá as características do ensino individual, pois técnicas de TI permitirão analisar a evolução de cada estudante e identificar suas deficiências, que serão tratadas individualmente, levando-o, portanto, ao objetivo final, a aquisição da habilidade requerida pela disciplina.

O DESAFIO DA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP (EPUSP)

A Epusp tem um desafio a superar. Seus quadros atuais apresentam, em números redondos, 4.500 alunos de graduação, 2.500 de pós-graduação, 500 docentes e 500 colaboradores. Analisando apenas a graduação, o tempo médio de titulação é de seis anos e meio, e a evasão é marginal. Esse tempo médio de titulação elevado é devido ao grande número de reprovações no ciclo básico, ou seja, nos dois primeiros anos do curso.

Dos 4.500 alunos de graduação, 2.500 ainda não conseguiram sair do ciclo básico. Em algumas disciplinas, como cálculo numérico, apenas 40% dos inscritos conseguem aprovação na primeira matrícula.

Essa dificuldade de vencer, aliada à sensação de que aquilo que se aprende não é aplicado à engenharia, frustra boa parte do corpo discente, que passa a enxergar o curso como um grande sacrifício, e não como uma atividade estimulante, criativa e inovadora, que no futuro lhe propiciará uma profissão digna e boa qualidade de vida.

Estudos elaborados por um grupo de professores de todos os cursos da Epusp identificaram que é imprescindível o conteúdo acadêmico oferecido nas disciplinas de física, matemática e química para a boa formação dos engenheiros. Independente da utilização ou não dos saberes apresentados nas diversas disciplinas nos cursos de engenharia, uma base sólida nessas matérias é fundamental para dotar de habilidades típicas os engenheiros.

O que fazer para manter o que é ministrado no ciclo básico e ao mesmo tempo não tornar essa carga de trabalho a razão do distanciamento entre os estudantes de engenharia e a profissão?

A solução encontrada para conciliar essa exigência e os anseios dos alunos, que gostariam de um contato com sua profissão logo no início de sua vida universitária, foi buscar não apenas uma nova distribuição desse conteúdo ao longo do curso, mas também uma nova sequência de apresentação dos tópicos das disciplinas.

Isso posto, o conteúdo do ciclo básico passou a se estender até o final do sexto semestre. Com isso, foi possível efetuar ajustes na sequência de apresentação dos conteúdos, que no passado eram conflitantes e identificados como uma das fontes de geração de dificuldades de acompanhamento.

Essa redistribuição abriu espaços nos primeiros semestres do curso, os quais foram ocupados com disciplinas de formação profissional. Compare as duas estruturas na Figura 1.

Outro aspecto importante que vai ao encontro da moderna pedagogia em educação de engenharia é a possibilidade de o estudante interferir em sua grade durante o curso. A estrutura convencional dos cursos de engenharia é, com raríssimas exceções, fechada. Os estudantes são mantidos, durante os cinco anos, confinados a um silo que impede interações com outras habilitações e mesmo com outras profissões.

A habilidade de inovação exige que o engenheiro tenha visão sistêmica e generalista, pois está provado que a especialização não faz parte do perfil do inovador. O inovador deve ser criativo, e não

se cria quando o foco do seu raciocínio é fechado, como ocorre com o especialista. Para que a lente de seu pensamento se abra para o mundo, além da capacidade de identificar que aquilo que imagina é factível, habilidade que é conseguida com o conhecimento técnico típico das engenharias, deve-se também identificar que o produto ou processo seja viável economicamente, e que seja algo desejado pelo consumidor. Sem essas três propriedades, a inovação não se completa.

Assim, para adquirir as outras duas habilidades, o estudante de engenharia deve procurar cursos, onde quer que seja, que o completem como ser inovador e empreendedor, visto que essas características são diferentes de um ser humano para outro. Cursos da área de economia, finanças, artes e *design* são disciplinas adequadas para um bom complemento de um curso de engenharia.

Habilidades adicionais, que no passado não faziam parte das competências de um engenheiro, também devem ser estimuladas. Dentre essas, para completar aquilo que julgamos serem as habilidades do engenheiro de 2020, destacam-se o conhecimento de uma língua estrangeira em nível conversacional, a habilidade de comunicar-se de forma eficiente e clara e, por fim, a habilidade de trabalhar em equipe.

Essas últimas competências raramente fazem parte do currículo das engenharias, pois não há espaço para tal, mas podem ser estimuladas com o trabalho em grupo, a apresentação de seminários e com a internacionalização.

A nova estrutura curricular da Epusp oferece possibilidades para o estudante buscar essas competências a partir do terceiro semestre em qualquer outro curso da escola, em outra unidade da USP ou, até mesmo, em instituições externas.

A internacionalização, adquirida mediante intercâmbio com universidades do exterior, além da habilidade de falar uma língua estrangeira com fluência, completa a formação com a cultura de outro povo, que é uma arma decisiva na produção de inovações que se ajustam às características culturais (incluindo economia, religião e virtudes) de outra nação.

O desafio está em agregar um grau mínimo de internacionalização aos que ficam, pois não é possível enviar todos os nossos estudantes ao exterior.

Todas as ações para que essas competências sejam adquiridas por nossos estudantes estão con-

FIGURA 1

ESTRUTURA CURRICULAR - EC2

Total 79 créditos

EC2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
27	Comp	Fis.I	Cálc 1		AL 1		Quím.Tec.		Int.Eng.(3)		GG			
28	Mec A	Fis.II	LF II	Cálc 2	AL 2		CN		Int.C.Mat		RG			
12		Fis.III	LF III	Cálc 3										
12		Fis.IV	LF IV	Cálc 4										
79	Total 79 créditos													

ESTRUTURA CURRICULAR - EC3

Nuc	Nuc. Com. (Créd. Aulas)	Semestre (Créd. Aulas)													
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
1º semestre	20	Comp.(4)		Cálc.1 (6)	FExp (3)	GD(3)	AL 1 (4)								28
2º semestre	16		Cálc.2 (4)	Mecânica (6)	Ósc/Ot	AL 2 (4)									28
3º semestre	12		Cálc.3 (4)	Física III (4)	Lfa (2)	Prob(2)									28
4º semestre	10		Cálc.4 (4)	Estatística (4)	Lfa (2)	Física 4									28
5º semestre	4		Met.Num.(4)	LF 4											28
	62														

Núcleo comum – obrigatório em toda a Poli (62 créditos)
 Núcleo comum – obrigatório em algumas habilitações da Poli
 Disciplinas de ciências da Engenharia – variam conforme a habilitação
 Disciplinas específicas da habilitação
 Disciplinas de especialização ou de outra habilitação ou pós-graduação
 Disciplinas optativas livres – escolha do aluno, anuência da CoC

FONTE: POLI-USP

templadas na nova estrutura curricular da Escola Politécnica da USP.

UM ESPAÇO PARA A CRIATIVIDADE

Todos concordam quando afirmamos que a criança é criativa. A cada dia notamos sua evolução, fazendo coisas novas e tentando superar seus limites sem medo ou vergonha de errar. O que acontece, no entanto, ao chegar à adolescência, quando parece que toda aquela criatividade e coragem de errar desaparecem?

Não há dúvida de que o ambiente é, dentre outros, o principal fator inibidor da criatividade e gerador do medo de errar. Como superar esse desafio de modo a não deixar nossos jovens perderem essa habilidade dentro de uma escola de engenharia?

Como as questões de ordem pessoal, familiar e de relacionamento não podem ser trabalhadas, a solução é a busca de um ambiente que estimule a criatividade, isto é, precisamos conceber um *jardim de infância* para o adolescente, que o liberte do estigma do medo de errar e o desafie, a todo instante, a usar sua criatividade na solução de problemas.



Laboratório de Inovação da Epusp

Como todo *jardim de infância*, devemos oferecer um ambiente bonito, lúdico e colorido, com os brinquedos preferidos dos adolescentes, que são computadores de alto desempenho, dotados de *softwares* de simulação avançados, impressora 3D para que possam tocar em sua ideia, *ateliers*, oficinas elétrica, eletrônica, mecânica e tapeçaria para que do modelo possam chegar ao protótipo.

O ambiente deverá abrigar também as iniciativas espontâneas de equipes envolvidas em projetos temáticos, tais como: construção de veículos, aviões, robôs destinados à competição, grupo de *software* livre, entre outros. O espaço deverá ser aberto de forma a permitir o fluxo dos alunos através das equipes para facilitar a interação entre grupos, isto é, não deve ter paredes ou portas, que dificultam a mobilidade; as empresas terão espaço para lançar seus desafios aos estudantes naquilo que denominamos oficina de inovação.

Além dessas facilidades, deverá ser disponibilizado um grande espaço destinado à exposição de arte, música, *workshops* científicos ou não, com o

objetivo de atrair estudantes das áreas de *design*, artes plásticas e ciências sociais, para que, nesse ambiente de “promiscuidade” intelectual, a criatividade floresça.

Esse espaço, que denominamos Laboratório de Inovação, fixará o aluno à escola, pois, além de um espaço de vivência, será um espaço de criação, que poderá dar origem a grandes empresas, como tem ocorrido, em pequena escala, na Epusp. Queremos facilitar a repetição de experiências bem-sucedidas de alunos, como aquela do início desta década, em que, na busca de preços de uma impressora, dois alunos tiveram a ideia de criar uma das maiores empresas de TI&C do país, o Buscapé. Outra experiência emblemática foi a concepção do primeiro *call center* brasileiro por um aluno, no final da década de 1970. Como essas, várias outras ideias prosperaram com muito esforço e sacrifício pessoal.

Finalizando, o Laboratório de Inovação em breve será realidade na Escola Politécnica da USP, e complementarará as exigências para a formação do engenheiro de 2020.

CONCLUSÃO

Shankar Satry e Fione Doyle, em recente artigo no *Daily Californian*, relatam encontro com o dr. Paul Jacobs, CEO da Qualcomm – uma empresa global de semicondutores –, no qual ele afirma:

“Hoje em dia não é suficiente prover nosso futuro engenheiro apenas com habilidades técnicas. Eles devem aprender como combinar arte e engenharia, como trabalhar em equipes interdisciplinares, como interagir rapidamente com o *design*, como produzir de modo sustentável e, por fim, como identificar mercados globais”.

Quando se pede para alguém descrever o perfil de um engenheiro, ouve-se sempre que ele deve ser “lógico”, “bom em matemática” e outras qualifica-

ções de sua intelectualidade. Raramente ouvimos que ele deve ser “criativo”, “artístico” e “bom comunicador”, como é exigido atualmente pela sociedade.

O engenheiro de 2020 não deverá ser formado para buscar um emprego, mas sim para criar seu posto de trabalho. Fala-se muito que o mercado de trabalho afeta a profissão, pois, se não há desenvolvimento, não há razão para se contratar engenheiros. No entanto, a importância da engenharia para a sociedade é outra, pois é a boa formação de engenheiros em larga escala o vetor de alavancagem do desenvolvimento. O engenheiro de 2020 não vai esperar o desenvolvimento chegar; ele vai produzir o desenvolvimento.

Encerramos com a frase de Steve Wozniack, que, junto com Steve Jobs, fundou a Apple na década de 1980: “Fazer engenharia com arte é difícil, mas é assim que deve ser”.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA FILHO, Naomar de; COUTINHO, Denise. “Nova Arquitetura Curricular na Universidade Brasileira”, in *Ciência e Cultura*, vol. 63, nº 1, São Paulo, janeiro/2011. Disponível em: cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252011000100002&script=sci_arttext
- BAIN, K. *What the Best College Teachers Do*. Harvard University Press, 2004.
- BOWEN, W. G. *Higher Education in the Digital*. Ithaka, Age, Princeton University Press, 2013.
- GARRISON, D. Randy; VAUGHAN, Norman D. *Blended Learning in Higher Education: Framework, Principles, and Guidelines*. San Francisco, Jossey-Bass, 2008.
- GINSBERG, B. *The Fall of the Faculty: the Rise of the All-administrative University and Why It Matters*. New York, Oxford University Press, 2011.
- NAE – National Academy of Engineering. *Educating the Engineer of 2020. Adapting Engineering Education to the New Century*. N. W., National Academy Press, 2005.
- PEREIRA, E. M. A. “Educação Geral na Universidade de Harvard: a Atual Reforma Curricular”, in *Ensino Superior Unicamp*. Campinas, Unicamp, 2010.
- SELINGO, J. J. *College (Un) Bound: The Future of Higher Education and What It Means for Students*. Boston, New Harvest, 2013.
- THOMAS, D.; BROWN, J. S. *A New Culture of Learning: Cultivate the Imagination for a World of Constant Change*. E-book.
- THORP, H.; GOLDSTEIN, B. *Engines of Innovation: the Entrepreneurial University in the Twenty-First Century*. Chapel Hill, The University of North Carolina Press, 2010.

arte