

Gargalos na formação em engenharia no Brasil: uma perspectiva dos engenheiros

RESUMO

Este estudo identifica as insuficiências de formação em engenharia no Brasil, partindo-se da seguinte pergunta: quais são os gargalos na formação dos engenheiros percebidos por parte dos próprios engenheiros? A pesquisa explora a gama de respostas possíveis oferecidas pelos engenheiros envolvidos com o ensino das engenharias a partir de 21 entrevistas semiestruturadas com professores e administradores acadêmicos ligados às engenharias. Os resultados mostram que há concordância significativa em relação aos gargalos na formação dos engenheiros, sendo estes: as diferenças na formação das universidades públicas e privadas; o baixo volume de atividades práticas durante o curso e engessamento do currículo; os desafios da interdisciplinaridade; a formação dos professores na área educacional; o grau de internacionalização das universidades e a ética e responsabilidade social do conhecimento produzido nas engenharias. Políticas públicas devem se atentar para esses gargalos de forma a sanar problemas de qualidade na formação de engenheiros voltadas às preocupações sociais, uma vez que a quantidade de engenheiros formados aumentou significativamente a partir da segunda metade dos anos 2000.

PALAVRAS-CHAVE: Formação nas engenharias. Gargalos. Interdisciplinaridade. Currículo.

Léa Maria Strini Velho

velho@ige.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas –
Campinas, São Paulo, Brasil.

Janaina Oliveira Pamplona da Costa

jpamplona@ige.unicamp.br

Universidade Estadual de Campinas –
Campinas, São Paulo, Brasil.

Fernanda Loureiro Goulart

ferlgoulart@gmail.com

Universidade Estadual de Campinas –
Campinas, São Paulo, Brasil.

INTRODUÇÃO

Vários estudos têm apontado que o ensino das engenharias no século XXI é praticamente o mesmo que se oferecia desde meados do século anterior (RUGARCIA et al., 20001; WULF; FISHER, 20022; MILLS; TREAGUST, 20033). Isso, a despeito do fato de que o ensino, em geral, deve ser construído para atender as necessidades e exigências da sociedade e que esta mudou consideravelmente desde 1950. Os engenheiros, particularmente, têm hoje que enfrentar desafios que antes não se colocavam, tais como: explosão da informação; o desenvolvimento tecnológico interdisciplinar; a globalização dos mercados; a degradação do meio ambiente; a responsabilidade social; os processos participativos nas estruturas das corporações; a rapidez das mudanças tecnológicas e sociais (RUGARCIA et al., 2000). Tais desafios implicam lidar constantemente com incertezas, com demandas conflitantes de diferentes grupos sociais (clientes, governo, agências reguladoras, ambientalistas, público em geral), com mudança organizacional contínua no local de trabalho, e com as consequências legais das decisões que fazem (MILLS; TREAGUST, 2003).

A necessidade de mudanças no ensino das engenharias à luz do contexto atual e futuro tem sido motivo de preocupação de analistas na maioria dos países. Nos Estados Unidos, por exemplo, a American Society for Engineering Education (ASEE) vem há anos produzindo estudos e publicações sobre as mudanças que precisam ser feitas na educação em engenharias, identificando as habilidades e competências necessárias para que a próxima geração de estudantes de engenharia possa ser bem-sucedida nas suas carreiras (ASEE, 2017, p. 2). Também na Austrália⁴ e no Reino Unido encontram-se iniciativas e publicações que buscaram, desde o final da década de 1990 até hoje, apontar insuficiências na formação de engenheiros e sugerir caminhos para resolvê-las. O foco destes estudos, no entanto, concentra-se em mudanças de conteúdos e de metodologias de ensino e diz pouco sobre os fundamentos básicos que orientam a educação em engenharia.

Um movimento inovador surgiu em anos recentes através da colaboração entre professores de engenharia e cientistas sociais que argumentam que os engenheiros têm, historicamente, contribuído para a manutenção do status quo e não têm respondido às necessidades evidentes de mudança social (CHRISTENSEN et al., 2015a; CHRISTENSEN et al., 2015b). Esse grupo aponta uma grande dificuldade de fazer mudanças na formação dos engenheiros devido ao que Riley (2008) chama de “mentalidades das engenharias” (engineering mindsets). Estas são definidas como

as características da educação em engenharia que se desenvolveram historicamente e que passaram a definir como os engenheiros trabalham, pensam, identificam, abordam e solucionam problemas, em suma, o que eles valorizam. Essas mentalidades das engenharias incluem o positivismo e o mito da objetividade; um foco técnico estreito; uma dominância dos interesses militares e das corporações; uma aceitação acrítica da autoridade (LUCENA, 2015, p. 234).

Tais mentalidades tornam a educação em engenharia profundamente conservadora e dificultam a formação dos tão necessários “engenheiros humanísticos” para enfrentar os principais desafios globais de hoje, quais sejam, os efeitos da mudança climática e a justiça social. Certamente a engenharia tem

muito a contribuir para soluções de habitação, suprimento e distribuição de água, saneamento, alimentação, transporte, criação de emprego (MARJORAN, 2015). Mas, para tanto, a formação de engenheiros tem que ser criticamente repensada nos seus fundamentos e valores, ser auto-reflexiva e vista no seu contexto social (RILEY, 2008).

O Brasil também tem se preocupado com a formação de seus engenheiros, ainda que mais com a sua oferta do que com o tipo de educação que recebem. Dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Ministério do Trabalho compilados pelo Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI, 2010) apontavam uma escassa oferta de engenheiros no Brasil no início do século XXI, particularmente quando comparada com os países industrialmente avançados. Segundo os dados de 2010, cerca de 5% dos egressos do ensino superior se especializavam em engenharia, e esta proporção era decrescente. Ademais, áreas tradicionais da engenharia, como a elétrica, eletrônica, mecânica, química e civil (mais afeitas a atividades de inovação e pesquisa e desenvolvimento) haviam decrescido em detrimento de cursos de perfil geral como o de produção, qualidade e logística (mais afeitos a atividades de rotina de manufatura e gestão). A carência de engenheiros era sentida e apontada não apenas em publicações acadêmicas, mas na mídia mais geral, ainda que contestada por alguns analistas (GUSSO; NASCIMENTO, 2011).

Alguns anos depois, o “número de demissões de engenheiros [no Brasil] superou o número de contratações” (BOM DIA BRASIL, 29/01/20165). As razões apontadas para tal mudança residem, principalmente, na situação de crise econômica e política vividas pelo país de 2013 até hoje, em que empresas que empregavam muitos engenheiros praticamente estagnaram ou, de fato, encerraram suas atividades. Por outro lado, nesse meio tempo, o Brasil tomou medidas que resultaram em um crescimento das engenharias de forma mais acentuada do que o ensino superior em geral - enquanto o número geral de concluintes do ensino superior aumentou 236.41% de 2000 a 2014, o de concluintes em cursos de engenharia aumentou 371.83% no mesmo período. Além disso, o total de engenheiros empregados no Brasil a cada 10.000 habitantes subiu de 7,29 em 2000 para 13,48 em 2012 (ENGENHARIADATA, 2013).

Muitos apontam que esse crescimento no ensino superior de engenharia se deu sem qualidade, usando como evidência os dados do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE), ferramenta principal do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES), implantado pelo Ministério de Educação em 2006 (GUSSO; NASCIMENTO, 2011, 2014). Nas engenharias, 77.29% dos cursos têm conceitos 1, 2 e 3. Apenas cerca de 20% dos cursos de engenharia no Brasil são considerados de alta qualidade e/ou qualidade internacional (conceitos 4 e 5). Assim, como afirmam Gusso e Nascimento (2014, p. 46)

não parece ser meramente a quantidade de oferta de diplomados em engenharias e áreas afins o problema da formação desses profissionais no Brasil [...]. A questão a ser debatida tende a ser, isto sim, em que medida [...] os engenheiros em particular, mostram-se suficientemente gabaritados para suprir a contento os requerimentos técnicos presentes e futuros do setor produtivo.

Existe, portanto, consenso no sentido de que algo não vai bem na formação de engenheiros no Brasil. Esse ‘algo’ é quase sempre traduzido em falta de qualidade, não atendimento às expectativas do mercado, incapacidade de liderar projetos, dificuldade de trabalhar em colaboração (RYDLEWSKI, 2014). Entretanto, um diagnóstico das ineficiências na formação mesma dos engenheiros - nas práticas pedagógicas, na grade curricular, no balanço entre teoria e prática – foi realizada marginalmente no Brasil (ver Kleba (2017) para contribuições neste tema).

O foco principal deste estudo é a identificação, de natureza exploratória, das insuficiências de formação em engenharia, através de uma questão mais específica: quais são os gargalos na formação dos engenheiros percebidos por parte dos próprios engenheiros? Quase sempre os diagnósticos são feitos por especialistas, com base em dados secundários. Nesta pesquisa, buscou-se dar voz aos professores e gestores de cursos de engenharia para que eles próprios indicassem os gargalos que percebem no seu cotidiano.

Esse artigo está organizado em 2 partes principais além desta introdução e das conclusões. A próxima seção faz uma apresentação sucinta da metodologia de pesquisa utilizada. Em seguida, apresentam-se e analisam-se os resultados obtidos nas entrevistas, organizados com foco nas insuficiências, ou gargalos (termos usados pelos próprios entrevistados) identificados na formação dos engenheiros.

METODOLOGIA

Essa pesquisa tem um caráter exploratório, ou seja, não tem como objetivo fornecer respostas finais e conclusivas à questão central, mas explorar a gama de respostas oferecidas pelos engenheiros envolvidos com o ensino das engenharias sobre as insuficiências de tal formação. Neste processo, faz-se também uma primeira aproximação para identificar se, na percepção dos entrevistados, as insuficiências apontadas contemplam, de alguma forma, os fundamentos e valores convencionais – as tais mentalidades – das engenharias. A partir da análise destas respostas, busca-se identificar questões específicas que precisam ser investigadas com detalhes no futuro.

Como se argumentou acima, a necessidade de mudanças no ensino das engenharias é um consenso global. Entretanto, o grau em que a reflexão e os estudos sobre essa questão se desenvolveram nos países avançados (exemplos dos EUA, Austrália e Reino Unido) é muito mais alto do que no Brasil, em que as observações têm sido muito generalistas. Além disso, o contexto em que as engenharias se desenvolvem lá e aqui é muito diferente. Portanto, parece razoável assumir que ainda nos encontramos aqui em uma situação em que “os problemas são novos e pouca pesquisa tem sido feita”, justificando uma pesquisa exploratória (BROWN, 2006, p. 43).

Para responder à pergunta central deste estudo foram realizadas 21 entrevistas semi-estruturadas com professores e administradores acadêmicos ligados às engenharias (Quadro 1).

Quadro 1. Lista e Perfil de Entrevistas

Professor(a)/Cargo	Instituição
Prof. Dr.	Fundador de Instituição de Pesquisa e Universidade de São Paulo (USP)
Prof. Dr.	Departamento de Engenharia de Produção POLI-USP
Administrativo	<i>International Programs, Columbia University, New York, Estados Unidos</i>
Administrativo	Diretoria do Programa Ciência sem Fronteiras, Londres, Reino Unido
Administrativo	<i>Research Councils, Reino Unido</i>
Prof. Dr. e Coordenação de Graduação	Departamento de Engenharia de Produção POLI-USP
Prof. Dr.	Departamento de Engenharia de Produção POLI-USP
Prof. Livre Docente	UNICAMP
Prof. Titular	UNICAMP
Prof. Dr. e Coordenação de Graduação	UNICAMP
Prof. Dr.	FCA, UNICAMP
Profa. Dra. (20 horas) Pesquisadora (20 horas)	UNIMEP
Prof. Titular e Diretoria do Instituto	POLI-USP
Prof. Dr.	FCA-UNICAMP
Prof. Dr.	FCA-UNICAMP
Prof. Dr.	UNICAMP
Profa. Dra. e Coordenação de curso	UNISAL (Campinas e São José dos Campos)
Profa. Titular e Diretoria de curso	PUC-Campinas
Prof. Dr. e Coordenação de Graduação	UNICAMP
Prof. Dr.	UNICAMP
Prof. Titular e Chefia de departamento	ESALQ-USP

Fonte: elaboração própria, baseada em pesquisa de campo.

As entrevistas cobriram questões relativas: ao tipo e qualidade de formação em engenharia; à relação entre pesquisa e ensino; à internacionalização do conhecimento em engenharia; à interdisciplinaridade; à ética e responsabilidade social das engenharias. Ainda que as respostas, em sua maioria, tenham coberto aspectos diversos do ensino das engenharias, concentramos aqui naquelas que se referem a gargalos ou insuficiência na formação dos engenheiros. São a estes gargalos que voltamos nossa atenção a seguir.

GARGALOS NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS

Os resultados do estudo mostram que há concordância em relação aos gargalos na formação dos engenheiros, tais como: as diferenças na formação das universidades públicas e privadas, o baixo volume de atividades práticas durante o curso e engessamento do currículo, os desafios da interdisciplinaridade, a formação dos professores na área educacional, o grau de internacionalização das

universidades e a ética e responsabilidade social do conhecimento produzido nas engenharias. Cada um destes gargalos será discutido a seguir.

Instituições públicas e privadas e qualidade dos cursos

Uma variável em especial marca a realidade da formação em engenharia no país: a divisão entre tipos de instituição – pública e privada. Em primeiro lugar, vamos aos números. Embora seja difícil precisar dados de formação pela inexistência de muitos indicadores e alto grau de controvérsia a respeito dos já existentes, a consistência nos números do ENADE indica uma situação preocupante em relação à qualidade dos cursos de engenharia. Mas o padrão de conceitos é bastante distinto para instituições públicas e particulares, como ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1. Conceito ENADE de cursos de engenharia por natureza administrativa

Conceito	Públicas	%	Privadas	%	Total
Sem conceito	6	0.89%	15	1.31%	21
Conceito: 1	18	2.67%	149	13.06%	167
Conceito: 2	84	12.48%	569	49.87%	653
Conceito: 3	253	37.59%	329	28.83%	582
Conceito: 4	210	31.20%	76	6.66%	286
Conceito: 5	102	15.16%	3	0.26%	105
Total	673	100.00%	1141	100.00%	1814

Fonte: Elaboração própria, baseada em ENADE, INEP, 2014.

Se contabilizarmos somente as instituições privadas, os conceitos são ainda piores do que os referentes ao total dos cursos – apenas 7% das privadas tem conceito 4 e 5. Por sua vez, os conceitos das públicas melhoram consideravelmente quando desvinculadas das privadas, com mais de 46% dos cursos com conceitos 4 e 5.

Privadas e públicas, segundo os entrevistados, apresentam diferentes perfis quanto ao tipo de formação do engenheiro. Nas públicas (e nesse caso falamos principalmente do contexto paulista, onde trabalha a grande maioria dos entrevistados), há uma maior formação de engenheiros de projetos, com forte embasamento teórico para fornecer soluções, e com o conceito do engenheiro como desenvolvedor. Nas universidades particulares, há uma pressão maior para formar engenheiros para o mercado, com menos embasamento teórico (Entrevista 1), mais preparo para o uso de ferramentas, com a ideia do engenheiro como usuário de tecnologia.

A pressão para formar para o mercado, entretanto, não é sentida somente nas privadas. A questão é que nas públicas é mais difícil adequar-se ao mercado, pois é mais complicado renovar o quadro docente – já que os professores são contratados por concurso público e têm estabilidade no emprego. Segundo entrevista 10, “não dá pra expandir e contrair a bel prazer. O número de vagas é mais conservador, para criar cursos novos, tem uma grande dificuldade. Por outro lado, o corpo docente é melhor selecionado”. Nas particulares, em geral, é mais fácil abrir e fechar cursos, renovar o quadro docente, assim como fazer “atualização do currículo e de ementa para atender o mercado de trabalho”

(Entrevista 12). Nas particulares, “a gestão é mais flexível” e, assim, “conseguem seguir os modismos” (Entrevista 10).

As públicas contam também, em geral, com professores com qualificação formal mais elevada, assim como um corpo discente também selecionado por meio de vestibulares mais concorridos. Há, entretanto, diferenças regionais que precisam ser melhor estudadas. As estaduais paulistas, por exemplo, diferem em relação a uma série de características na formação de engenheiros. Vários entrevistados definiram a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP), por exemplo, como mais conservadoras e mais generalistas, e por isso boas também para formar administradores, enquanto a Universidade Estadual Paulista (UNESP) seria mais acadêmica.

A qualificação dos alunos também foi apontada como uma diferença entre instituições. De fato, há também diferença entre as próprias públicas na concorrência por vagas no vestibular, e dentro da mesma pública, entre as várias engenharias. Por exemplo, temos a engenharia da produção e a engenharia de manufatura na Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA), campus da Unicamp em Limeira. Enquanto a Engenharia de Produção teve 33.7 candidatos por vaga na primeira fase do vestibular 2016 (período da pesquisa), a Engenharia de Manufatura teve 5.6. Segundo Entrevista 11, os alunos da manufatura têm “muita dificuldade” durante o curso e “saem sem saber a importância do conhecimento técnico”. Isso ilustra a maior dificuldade das universidades particulares, que, em geral, recebem alunos menos qualificados, para conseguir desenvolver cursos de qualidade e indica o quanto o alunado é importante para o processo de ensino.

Alguns entrevistados apontaram que a produção de conhecimento se dá de forma bastante diferente nas instituições públicas e nas privadas. Segundo Entrevista 21, a USP, Unicamp e Unesp, por exemplo, “ensinam porque pesquisam”. Apesar de todas as dificuldades, o ambiente das instituições de ensino superior públicas é, em geral, um ambiente de pesquisa: os professores são pesquisadores, há linhas de pesquisa em que alunos podem se inserir, há uma avaliação institucional do corpo docente que preza pela produção acadêmica. Como resultado, os entrevistados reportaram pouca dificuldade de inserir a pesquisa no ensino, embora a pesquisa entre na graduação por meio de incrementos pontuais em ementas, ou por meio de exemplificações.

Nas instituições privadas, entretanto, há dificuldade em criar um ambiente de pesquisa. O ensino é voltado para o que o mercado necessita (ou para a percepção do que o mercado necessita), com uma parcela maior dos cursos voltada para disciplinas de gestão (Entrevista 9). O perfil do alunado também dificulta um ambiente de pesquisa, tanto pela capacitação em geral mais baixa, quanto por uma parcela muito maior de alunos que já trabalham, em geral, estudantes em período noturno (Entrevistas 12 e 17). Segundo Entrevista 17, o aluno do ensino superior privado acha que “só vai trabalhar com projeto” e, para ele, “a pós [graduação] em [universidade] pública parece inacessível”.

Certamente os problemas de formação de engenheiros de qualidade afeta os alunos de instituições privadas muito mais do que os da pública. Mas, é importante lembrar que as instituições privadas formavam 68,5% dos

engenheiros em 2013 (ENGENHARIADATA, 2015)⁷. Portanto, são problemas da grande maioria dos cursos.

'FALTA DE PRÁTICA', CURRÍCULO ENGESSADO E ATUAÇÃO DO CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA (CREA)

Em um número expressivo de entrevistas, surgiu a questão do número excessivo de horas em sala de aula ou conteúdo demasiadamente pesado previstos pelo Currículo das Engenharias (Entrevistas 1, 6, 10, 11, 16, e 18). Esse excesso dificulta o alunado a ter uma formação híbrida de teoria com atividades práticas fora da sala de aula (incluindo estágios em empresas); assim como dificulta o desenvolvimento da autonomia do alunado. Segundo Entrevista 4, estudantes brasileiros beneficiados pelo Programa Ciência sem Fronteiras no Reino Unido apresentaram grande dificuldade em se adequar a um sistema de ensino em que o número de créditos em sala de aula é muito menor que o brasileiro, e que exige elevada autonomia: “o professor [no Reino Unido] dá uma hora de aula e espera que o aluno vá se virar para depois ter as informações que precisa. No Brasil é o oposto, eles ficam horas dentro da sala de aula recebendo tudo mastigadinho”.

As dificuldades encontradas para superar as deficiências apontadas estão relacionadas ao perfil dos professores e dos alunos (em relação aos professores que buscam “usar a sala de aula para desafiar mais do que para passar conteúdo”, a Entrevista 10 afirma que “são mal avaliados pelos alunos”, que, por sua vez, estão acostumados a “sentar para aprender e não leem antes de ir pra aula”), e ao demorado processo de alteração de catálogos (devido às negociações entre professores, algo que parece ser mais flexível nas instituições privadas). Quanto ao último, a POLI-USP buscou recentemente reduzir o número de créditos obrigatórios em sala de aula para amenizar o engessamento do Currículo (o número de créditos chegou a ser de 36 horas por semana em sala de aula) (Entrevista 6), assim como flexibilizar o cumprimento de parte dos créditos, que podem ser feitos em várias unidades da POLI ou da USP. Considerando a importância e a história da Escola, a revisão curricular da POLI-USP deve ser mimetizada em algum nível por demais escolas de engenharia no país (Entrevista 1). Ressalte-se que o dispêndio de maior tempo em empresas envolvido com o cotidiano do trabalho em engenharia poderia contribuir para o preparo do aluno em relação ao mercado, assim como dar-lhe oportunidades de pôr em prática os conhecimentos básicos aprendidos em sala de aula. Entretanto, cabe pensar se a formação para o setor produtivo não vai além do que deveria ser a incumbência da universidade, pública ou não.

A universidade não tem como princípio exclusivo a formação de mão-de-obra qualificada para a indústria. A missão da universidade vai além do seu potencial papel na promoção de inovações e crescimento econômico, mas deve buscar o desenvolvimento inclusivo se atentando para as demandas sociais do país (AROCENA et al., 2015). Ainda mais em um contexto de país em desenvolvimento como o Brasil, em que há carência de soluções tecnológicas que atendam as demandas sociais (HERRERA, 1973). O comentário da Entrevista 13 vai ao encontro disso: os alunos poderiam se ocupar de demandas específicas, como resolver problemas ou propor inovações para o contexto social mais amplo. Outra possibilidade seria a proposição e implementação de projetos de

tecnologia social (DAGNINO, 2009) e engenharia engajada (KLEBA, 2017). Ainda que esse aspecto tenha sido discutido com alguns entrevistados a partir da provocação das entrevistadoras, com exceção da Entrevista 13, a contribuição das engenharias para o desenvolvimento social não foi espontaneamente mencionada pelos entrevistados.

Outro empecilho apontado pelas entrevistas para a superação da rigidez dos currículos é a atuação do CREA, que regulamenta a atuação profissional dos engenheiros e impõe o número mínimo de horas necessárias de conhecimentos específicos para que o engenheiro possa atuar profissionalmente. Os entrevistados sugerem que há um descontentamento com a forma com que o órgão funciona: como um “sistema cartorial, que tem muito dinheiro” (Entrevista 13) e é “engessado” (Entrevista 16), sugerindo que “deveria ser mais enfático, selecionar melhor” (Entrevista 18); uma sugestão ao melhor funcionamento do órgão seria uma estrutura mais próxima à da Ordem dos Advogados do Brasil (OAB) com exames de entrada (“algo mais responsável”, Entrevista 18), mas não avaliação de Currículo e horas-aula dos cursos oferecidos (Entrevistas 13 e 18).

Ademais, algumas áreas da engenharia (marcada, em geral, pela fragmentação) são ainda mais fragmentadas do que outras, ou existe menos consenso a respeito do que compõe o núcleo duro da engenharia em questão. Um exemplo é a engenharia de alimentos, em que não há consenso sobre qual conteúdo compõe o núcleo duro desta engenharia, com departamentos diferentes se identificando como a base do curso (“qual o núcleo de [Engenharia de] Alimentos? Tecnologia de Alimentos não tem no mundo”, Entrevista 16). Desta forma, não somente a criação do catálogo é difícil, mas como qualquer alteração dele.

INTERDISCIPLINARIDADE

Os dados apontaram que não há um conceito comum adotado entre professores de engenharia sobre o que é interdisciplinaridade, o que influencia a visão sobre quando e como os cursos são interdisciplinares. A dificuldade de definição do conceito não é exclusiva da academia (JACOBS; FRICKEL, 2009), mas provoca debates acalorados em tal contexto (ver Sá (2008), para estratégias de universidades para promover projetos interdisciplinares), resultando em diferenciações entre interdisciplinaridade, multidisciplinaridade e transdisciplinaridade (TRESS et al., 2005), sem alcançar consenso.

Apesar disso, a interdisciplinaridade é reconhecida como um ativo importante na formação do engenheiro, pois “busca fazer o aluno entender a inter-relação dos conhecimentos e a complexidade das questões do mundo, que, para sua solução, necessitam conhecimentos que extrapolam os de uma única disciplina ou campo” (PEREIRA et al., 2015, p. 722-723). Do ponto de vista do financiamento, projetos de pesquisa interdisciplinares vêm recebendo maior prioridade de financiamento, mesmo quando esta característica não é exigida nas chamadas de projetos de órgãos financiadores (Entrevista 5).

Entretanto, a interdisciplinaridade apresenta, além de sua conceituação, desafios de implementação, muito em função da interlocução necessária entre paradigmas de diversas disciplinas que atuam na resolução de problemas. A engenharia é uma ilustração deste desafio. Tratando-se de área interdisciplinar

por excelência, não há garantias de que as diferentes áreas que compõem os cursos consigam colaborar entre si. As entrevistas, mais do que discutir o conceito de interdisciplinaridade, revelam essas dificuldades de interação e colaboração interdisciplinar. De forma exemplar, a Entrevista 16 afirma: “não conversamos, não nos ouvimos”.

As dificuldades elencadas pelos entrevistados sobre a interdisciplinaridade incluem o perfil dos alunos e professores. Os alunos são caracterizados como ‘conteudistas’ e resistentes a mudanças, e os professores também, ao passo em que não foram formados em um contexto interdisciplinar. A dificuldade em relação ao tempo de trabalho também foi mencionada. Projetos interdisciplinares demandam tempo do professor, um esforço não coerente com as demandas de produção acadêmica que formam a base da avaliação institucional pela qual passam os professores. Voltamos à questão de avaliação, pois nem os professores são avaliados levando em consideração a importância da interdisciplinaridade, nem a produção acadêmica o é. Muito comum foi a afirmação de que muito se fala a respeito de interdisciplinaridade, mas o esforço é dos professores – não constitui um princípio institucional da universidade. Interdisciplinaridade não faz parte de plano de carreira. As cobranças institucionais engessam o ensino e dificultam o estabelecimento de iniciativas novas, inovadoras. O Brasil acaba principalmente copiando outros países, pois o ambiente cultural leva ao medo de mudanças: “Aqui, somos muito tradicionais, temos resistência a mudanças” (Entrevista 16).

Como representação do argumento de que uma das maiores dificuldades da interdisciplinaridade é a interlocução de paradigmas distintos, encontrou-se que 6 professores dos 21 entrevistados fizeram graduação em uma área diferente da que lecionam. Desses, quatro se graduaram em outra engenharia, enquanto dois se graduaram em área de ciência básica (um em matemática e um em física). Não parece haver pouca movimentação entre áreas na engenharia, mas pouca interação dinâmica entre elas no momento da formação do aluno.

EDUCAÇÃO

Um aspecto relevante na formação dos alunos é o treinamento educacional dos professores. As entrevistas revelam, contudo, uma falta de preocupação com leitura de material referente à educação, pedagogia e ensino de engenharia, assim como uma ausência a menções a um projeto educacional específico (Entrevistas 9, 10 e 11). Ou seja, os professores parecem não questionar os fundamentos e valores da educação em engenharia e tendem a ensinar dentro dos princípios em que foram educados. A distância em relação a tópicos e discussões de educação é facilmente explicável pela estrutura acadêmica brasileira e o contexto atual de produtividade acadêmica. Pela avaliação institucional, o professor é antes de tudo impelido a publicar, não a refletir sobre o ensino. Há que se adicionar a isso o fato de professores de ensino superior não precisarem obter diploma em licenciatura. A variedade das atividades desenvolvidas pelos professores também é apontada como um empecilho para a reflexão sobre as atividades de ensino: obrigações com pesquisa e atividades administrativas comuns a professores de instituições públicas levam a um contexto de grande demanda de trabalho. Há pouco tempo disponível para a

reflexão e remodelamento de práticas de ensino e avaliações de projetos pedagógicos.

O problema mais pungente da avaliação institucional voltada principalmente para a produção de pesquisa e publicação é que o ensino, particularmente da graduação, que gera menos resultado de pesquisas, torna-se marginalizado. Uma alternativa para a resolução deste gargalo, mais comum nas instituições de ensino particulares, é ter carreiras distintas dentro do colegiado (pesquisador-professor, professor não pesquisador, professor-extensionista). No ambiente acadêmico público, não há estímulo para a carreira do pesquisador, por exemplo, que não quer se dedicar ao ensino e nem para aquele que vê o ensino como vocação e gostaria de se dedicar mais a ele.

INTERNACIONALIZAÇÃO

A internacionalização surgiu como um gargalo nas entrevistas quando apontada pelas entrevistadoras, e não voluntariamente. Este fato sugere um elemento preocupante com relação à formação dos engenheiros: o tratamento natural à endogenia nas instituições brasileiras. Entretanto, a internacionalização é entendida pelos entrevistados como um gargalo para produção de conhecimento e para a avaliação do professor e da instituição. Isto porque a participação em redes internacionais de pesquisa é contabilizada na avaliação institucional em nível departamental, tem impacto positivo para a progressão de carreira do docente e na avaliação institucional do programa de pós-graduação pela CAPES.

Com relação à graduação, a internacionalização tem sido buscada por meio de processos de duplo diploma, que as instituições desenvolvem e implementam. Um problema deste mecanismo, segundo entrevistas, é que as instituições estrangeiras tendem a absorver os melhores alunos, sugerindo a continuidade de um problema estrutural da academia brasileira, que é a atração pelos contextos internacionais. Outra forma de internacionalização são programas interinstitucionais, como o Programa Ciência Sem Fronteiras. Segundo entrevistas, o impacto deste programa é maior para o aluno e não para a instituição, houve poucos critérios na escolha de alunos para o programa, e não há contrapartida para o investimento realizado pelo governo brasileiro (e.g., não é pedida qualquer colaboração especial aos alunos no seu retorno à Universidade brasileira).

ÉTICA E RESPONSABILIDADE SOCIAL

A abordagem sobre ética na formação dos engenheiros (também apontado pelas entrevistadoras) incluiu uma concepção de ética específica à prática das engenharias (ou da engenharia a que os entrevistados estavam vinculados), assim como da ética pessoal, independente do campo de ação profissional. A maioria dos entrevistados revelou uma concepção de ética como algo que “começa em casa” (Entrevista 5), “vem da própria pessoa” (Entrevista 17), independente da área de atuação, e que diz respeito ao trato com seres humanos de forma mais geral. Não parece haver um consenso a respeito de uma concepção de ética específica à atuação do engenheiro, mostrando que há um gargalo na formação

quanto ao entendimento do engenheiro sobre os usuários das tecnologias e técnicas que produzem. Segundo Callon (1987), os engenheiros são como sociólogos na prática – eles precisam compreender a sociedade para poder modificá-la; são atores importantes na conformação de um tipo de sociedade e por isso a responsabilidade social é um elemento chave na formação e atuação profissional dos engenheiros. Mesmo advogando uma visão de ética como independente da área de atuação, ‘vindo de casa’, os entrevistados citaram preocupações específicas da engenharia, como a adequação às normas (com a Entrevista 7 expressando que “você não precisa ser muito ético porque existem órgãos que cuidam disso”) o risco ambiental e de saúde. Entretanto, é importante analisar que o foco exclusivo em risco pode ser caracterizado como uma redução ética que pode mascarar problemas de outras ordens (WYNNE, 2005). Seria importante incorporar noções de risco e outros problemas de ordem ética na formação (STILGOE et al., 2013), tendo em mente uma sociedade formada por cidadãos capazes de interações autônomas e de decidir por si – com a ajuda da ciência – quais as modalidades de risco que se aplicam a eles.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo buscou identificar e discutir os principais gargalos na formação em engenharia no país. Os resultados apontam que: (i) o currículo das engenharias é muito extenso em horas aula e deficiente em horas de atividades práticas; (ii) as engenharias são múltiplas e diferentes entre si, mas têm em comum a interdisciplinaridade por excelência. Entretanto, as diferentes áreas do saber que as compõem nem sempre apresentam um nível de integração que leve a uma produção de conhecimento interdisciplinar. A endogenia é uma prática comum na academia brasileira, sendo necessário refletir sobre formas de promover colaborações entre disciplinas, instituições e países.; (iii) as engenharias se caracterizam por uma preocupação muito pequena com tópicos de educação e ensino e revela a ausência (mesmo que parcial) de projeto pedagógico que é, em última instância, político; (iv) a formação de engenheiros no país tem se baseado em quantidade e não em qualidade, e na necessidade de formação de mão-de-obra sem a devida preocupação com o desenvolvimento social do país. A incorporação da responsabilidade social na formação tem o potencial de contribuir para a conformação de uma sociedade mais igual e plural; v) não existe um questionamento dos professores sobre os fundamentos e valores da educação em engenharia, o que provavelmente leva à manutenção de uma educação conservadora.

Muitos dos gargalos na formação dos engenheiros são referentes a problemas maiores, estruturais, que atingem o ensino superior como um todo, como qualidade do ensino médio e fundamental e problemas referentes à estrutura acadêmica, envolvendo o tipo de hierarquia em que os cursos são projetados, planos de carreira e avaliação docente. Esta última certamente se beneficiaria de uma revisão: ainda que as publicações científicas sejam importantes, é necessário valorizar a atuação de professores que sejam também educadores e que exerçam essa função de modo criativo.

Há, entretanto, gargalos específicos de engenharia que precisam ser objeto de políticas públicas específicas. É preciso maior controle na qualidade da formação de engenheiros e modificação da estrutura curricular contemplando

sanar os gargalos observados, mas que não sejam orientados exclusivamente para formação de mão-de-obra qualificada para a indústria. Dada a importância e o impacto das engenharias nas sociedades contemporâneas torna-se necessário repensar a educação em engenharia para fortalecer sua missão de servir à humanidade e ao bem comum. Desta perspectiva, os futuros engenheiros necessitam uma educação mais abrangente que não esteja vinculada apenas às áreas técnicas, mas que também incorpore uma reflexão crítica e uma formação ética. Para tanto é importante construir uma nova perspectiva de formação de engenheiros que fortaleça o papel das engenharias como um serviço à humanidade, à justiça social e ao bem comum. A prática profissional da engenharia é informada, em grande medida, pelos fundamentos e valores, conteúdos e práticas aprendidos e internalizados durante o processo de educação em engenharia. Se esta se assenta nas tradicionais “mentalidades das engenharias”, é muito pouco provável que os futuros engenheiros venham a ter o desenvolvimento social como meta ou orientação para sua prática profissional.

Os resultados encontrados nesta pesquisa indicam novos temas de estudos sobre a engenharia no Brasil, mais particularmente a formação dos engenheiros, sendo tais temas sempre tratados a partir da perspectiva do engenheiro. Em primeiro lugar, seria desejável validar e ampliar os resultados parciais das entrevistas com professores e incluir questionários tipo survey com engenheiros formados e empregados no setor produtivo. Por meio de um número maior de respondentes, seria possível fazer uma análise quantitativa. Com representatividade de regiões distintas do país e pensando nos diferentes tipos de natureza administrativa das instituições de ensino superior em engenharia, seria possível também diferenciar os achados por tais variáveis. Isso contribuiria para a discussão de como as variações regionais e de natureza administrativa das instituições afetam a formação em nível de graduação dentro das engenharias.

Bottlenecks in engineering education in Brazil: the engineers' perspective

ABSTRACT

This article aims to identify the bottlenecks in engineering education in Brazil addressing the following research question: what are the bottlenecks in engineering education as perceived by engineers themselves? The research explores the range of possible answers posed by engineers engaged in higher education teaching based on 21 semi-structured interviews with faculty and academic administrators. The results show that there is significant agreement in relation to bottlenecks in engineering education, such as: differences in education in private and public universities; low intensity in practical experience during training and rigidities of syllabus; the challenges of interdisciplinarity; training in education for faculty; the internationalization of universities and ethics and social responsibility in engineering training. Public policies must address these bottlenecks if aiming to resolve problems in the quality of engineering training related to social problems, for the quantity of graduated engineers has grown significantly in Brazil since the mid-2000s.

KEYWORDS: Engineering education. Bottlenecks. Interdisciplinarity. Syllabus.

NOTAS

¹ “When we walk into an arbitrarily chosen engineering classroom in 2000, what do we see? Too often the same thing we would have seen in 1970, or 1940”. (RUGARCIA, A. et al., 2000).

² “What’s needed is a major shift in engineering education’s ‘center of gravity’, which has moved virtually not at all since the last shift, some 50 years ago” (WULF; FISHER, 2002).

³ “[...] the predominant model of engineering education remains similar to that practiced in the 1950’s – ‘chalk and talk’, with large classes and single-discipline, lecture-based delivery the norm, particularly in the early years of study” (MILLS; TREAGUST, 2003, p. 2).

⁴ Ver King (2008) para detalhes sobre as várias revisões sobre ensino de engenharias na Austrália; no Reino Unido, Professor John Perkins (PERKINS, 2013) foi encarregado de coordenar uma ampla revisão sobre o ensino das engenharias e de compilar estudos anteriores sobre o tema.

⁵ Disponível em: <<http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2016/01/numero-de-engenheiros-demitidos-superou-o-de-contratados-em-2015.html>>. Acesso em: 02/02/2018.

⁶ Há falta de consenso a respeito da validade do ENADE enquanto indicador de qualidade dos cursos superiores. Para uma discussão das limitações ver Gusso e Nascimento (2014).

⁷ Segundo o Jornal da USP esta proporção se manteve em 2015. Disponível em: <<http://jornal.usp.br/artigos/demanda-pela-engenharia-precisa-ser-acompanhada-pelo-numero-de-formados/>>. Acesso em: 10/07/2018.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao CNPq pelo apoio à pesquisa que resultou neste artigo (Processo Número 163578/2102-5), ao Paulo Roberto Cintra (discente do Programa de Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica da Unicamp) pelo auxílio na formatação final do manuscrito e aos avaliadores anônimos por seus comentários e sugestões. Qualquer imprecisão é de inteira responsabilidade das autoras.

REFERÊNCIAS

AROCENA, R.; GÖRANSSON, B.; SUTZ, J. Knowledge policies and universities in developing countries: Inclusive development and the ‘developmental university’. *Technology in Society*, v. 41, p. 10-20, 2015.

ASEE - AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION. **Transforming Undergraduate Education in Engineering Phase II: Insights from Tomorrow's Engineers**. Workshop Report, Washington, DC., 2017. Disponível em: <<https://www.asee.org/documents/publications/reports/2017TUEEPhase2.pdf>>. Acesso em: 10/07/2018.

BROWN, R. R. **Doing your dissertation in business and management: the Reality of researching and writing**. Thousand Oaks: Sage Publications, 2006.

CALLON, M. Society in the making: the study of technology as a tool for sociological analysis. In: BIJKER, W. E.; HUGHES, T. P.; PINCH, T. P. (orgs.) **The social construction of technical systems: new directions in the sociology and history of technology**. Cambridge, Massachusetts e Londres: MIT Press, 1987, p. 83-103.

CHRISTENSEN, S. H. et al. (eds.) **International perspectives on Engineering Education**. Springer International Publishing Switzerland, 2015a.

CHRISTENSEN, S. H. et al. (eds.) **Engineering identities, epistemologies and values**. Springer International Publishing Switzerland, 2015b.

DAGNINO, R. (org.) **Tecnologia social: ferramenta social para construir outra sociedade**. Campinas: Editora da Unicamp, 2009.

ENGENHARIADATA. **Tendências e Perspectivas da Engenharia no Brasil**. Relatório Engenharia Data 2013, Instituto de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

GUSSO, D. A.; NASCIMENTO, P. A. M. M. Contexto e dimensionamento da formação de pessoal técnico-científico e de engenheiros. **Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**, v. 12, p. 23-33, 2011.

GUSSO, D. A.; NASCIMENTO, P. A. M. M. **Evolução da formação de engenheiros e profissionais técnico-científicos no Brasil entre 2000 e 2012**. IPEA - Texto para Discussão 1982, 2014.

HERRERA, A. Los determinantes sociales de la política científica en América Latina - política científica explícita y política científica implícita. **Desarrollo económico**, v. 13, n. 49, p. 113-134, 1973.

IEDI - INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **A formação de engenheiros no Brasil: desafio ao crescimento e à inovação.** Carta IEDI 424, São Paulo, 2010.

JACOBS, J.; FRICKEL, S. Interdisciplinarity: a critical assessment. **Annual Review of Sociology**, v. 35, n. 1, p. 43-65, 2009.

KING, R. **Engineers for the Future** - addressing the supply and quality of Australian engineering graduates for the 21st Century. Australian Learning and Teaching Council, 2008.

KLEBA, J. B. Engenharia engajada – desafios de ensino e extensão. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 13, n. 27, p. 170-187, 2017.

LUCENA, J. Bridging Sustainable Community Development and Social Justice. In: CHRISTENSEN, S. H. et al. (eds.) International perspectives on engineering education. **Springer International Publishing Switzerland**, 2015, p. 225-248.

MARJORAN, T. Transforming Engineering Education for Technological Innovation and Social Development. In: CHRISTENSEN, S. H. et al. (eds.) International perspectives on engineering education. **Springer International Publishing Switzerland**, 2015, p. 321-342.

MILLS, J. E.; TREAGUST, D. F. Engineering education – is problem- based or project-based learning the answer? **Australasian Journal of Engineering Education**, p. 2-16, 2003.

PEREIRA, E. M. A.; CARNEIRO, A. M.; GONÇALVES, M. L. Inovação e avaliação na cultura do ensino superior brasileiro: formação geral interdisciplinar. **Avaliação**, Campinas, Sorocaba, v. 20, n. 3, p. 717-739, 2015.

PERKINS, J. **Review of engineering skills.** Department for Business Innovation and Skills, 2013.

RUGARCIA, A. et al. The Future of Engineering Education. **Chemical Engineering Graduation**, p. 16-25, 2000.

RYDLEWSKI, C. Brasil sofre com qualidade de engenheiros formados no país. **Época Negócios**. 04/12/2014. Disponível em: <http://epocanegocios.globo.com/Informacao/Dilemas/noticia/2014/12/elas-precisam-de-reengenharia.html>>. Acesso em: 10/07-2018

RILEY, D. **Engineering and social justice**. Morgan & Claypool Publishers, 2008.

SÁ, C. M. 'Interdisciplinary strategies' in U.S. research universities. **High Education**, v. 55, p. 537-552, 2008.

STILGOE J.; OWEN, R.; MACNAGHTEN, P. Developing a framework for responsible innovation. **Research Policy**, v. 42, n. 9, p. 1568-1580, 2013.

TRESS, B.; TRESS, G., FRY, G. Defining integrative research concepts and process of knowledge production. In: TRESS, B. et al. (orgs.) **From landscape research to landscape planning: aspects of integration, education and application**. Heidelberg: Springer, 2005, p. 13-26.

WULF, W. A.; FISHER, G. M. C. A makeover for engineering education. **Issues in Science and Technology**, v. 18, n. 3, p. 35-39, 2002.

WYNNE, B. Risk as globalizing 'democratic' discourse? Framing subjects and citizens. In: LEACH, M; SCOONES, I.; WYNNE, B. (orgs.) **Science and citizens: globalization and the challenge of engagement**. Nova Iorque: Zed Books, 2005, p. 65-82.

Recebido: 19 fev. 2018.

Aprovado: 08 jul. 2018.

DOI: 10.3895/rts.v15n35.7818

Como citar: VELHO, L. M. S.; COSTA, J. O. P. da; GOULART, F. L. Gargalos na Formação em Engenharia no Brasil: uma perspectiva dos engenheiros. **R. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 15, n. 35, p. 1-18, jan./abr. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/7818>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Léa Maria Strini Velho

Departamento de Política Científica e Tecnológica Instituto de Geociências - Unicamp Rua Carlos Gomes, 250 CEP: 13083-855 - Campinas-SP Brasil

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

