

ESCASSEZ DE ENGENHEIROS NO BRASIL?

Uma proposta de sistematização do debate

LEONARDO MELO LINS

MARIO SERGIO SALERNO

BRUNO CÉSAR ARAÚJO

LEONARDO AUGUSTO VASCONCELOS GOMES

PAULO A. MEYER M. NASCIMENTO

DEMÉTRIO TOLEDO

RESUMO

Buscamos ordenar e qualificar uma discussão contemporânea, relativa a uma possível escassez de engenheiros na sociedade brasileira. Com base na literatura, elencamos as hipóteses que levariam à caracterização de escassez e procuramos argumentos baseados em dados para discutir tais hipóteses. Os dados não corroboram a tese de escassez generalizada.

PALAVRAS-CHAVE: *escassez de engenheiros; engenharia; mercado de trabalho.*

ABSTRACT

In this article, we systematize a contemporary discussion concerning a possible shortage of engineers in Brazilian society. Based on the literature, we list the assumptions that could characterize scarcity and we have looked for data that allow us to test these hypotheses. The data do not support the idea of a general shortage of engineers.

KEYWORDS: *Shortage of engineers; Engineering; Brazilian labor market.*

Tem-se discutido se no Brasil haverá, no futuro próximo, um cenário de falta de mão de obra qualificada ou um “apagão de mão de obra”, ante o crescimento econômico recente e uma situação de virtual pleno emprego. O debate envolve tanto uma discussão geral (todas as áreas de formação) como específica (áreas de saúde e engenharias, notadamente). Este artigo se propõe avaliar e sistematizar esse debate sobre a área de engenharia. A discussão sobre uma possível escassez de engenheiros hoje e no futuro está ligada às perspectivas do desenvolvimento e, mais particularmente, ao tipo de desenvolvimento possível

ou desejável no futuro. Quando se discute a sociedade do conhecimento, o poder da informação, a inovação tecnológica, discutem-se, direta ou indiretamente, as atividades desenvolvidas por um conjunto de profissionais, entre os quais os engenheiros têm destaque.

Para abordar o tema da escassez de engenheiros, lançaremos mão de abordagem conceitual relativa à caracterização de baixa produção de determinado bem, conforme proposta por Butz e outros¹. A partir dessa abordagem, elaboraremos um conjunto de hipóteses, lastreadas na discussão recente (que se deu mais pela mídia cotidiana do que por revistas de cunho mais científico, o que se convencionou chamar de literatura), em entrevistas e discussões com grupos de dirigentes empresariais, particularmente das áreas de PD&E (pesquisa, desenvolvimento e engenharia). Adotamos a abordagem tradicional de buscar derrubar hipóteses a partir da elaboração de dados oficiais do aparelho estatístico brasileiro — RAIS/MTE, Censo Escolar/Inep-MEC, Censo Demográfico/IBGE e de resultados de pesquisas pertinentes (Enade e outras). O texto tem um caráter eminentemente empírico: busca lastrear a discussão em dados e evidências concretas. Como resultado, apontamos que ao longo da década foram detectados alguns sinais de aquecimento, mas que uma eventual escassez de engenheiros tende a se dissipar no futuro próximo, devido ao fato de que o fluxo de recém-formados tem sido mais elevado do que o crescimento da demanda. O que se observa no mercado de trabalho é um hiato geracional, dada a lacuna na formação de engenheiros décadas atrás, o que implica falta de engenheiros experientes e com capacitação para liderar projetos hoje, e o problema de qualidade dos engenheiros formados, ainda que haja poucos dados confiáveis sobre isso.

O artigo está estruturado de forma a apresentar como o problema da escassez de mão de obra vem sendo discutido na imprensa (seção 2), para, em seguida, abrir uma discussão conceitual, destacando a relação entre carreiras técnico-científicas e o PIB per capita em nível mundial e aspectos do mercado de trabalho das engenharias (seção 3), avaliar os indicadores de escassez oriundos da discussão conceitual pela manipulação das bases de dados pertinentes (seção 4), propor uma sistematização desse debate (seção 5) e buscar algumas conclusões e considerações finais (seção 6).

O DEBATE NA IMPRENSA

Notícias alertando para o risco de um eventual apagão de mão de obra proliferaram na imprensa brasileira nos últimos anos, principalmente a partir da segunda metade da década de 2000, quando emprego e renda passaram a crescer sistematicamente no país, a ponto de, em dado momento, economistas, políticos e articulistas

[1] Butz, W. e outros. "Is there a shortage of scientists and engineers? How would we know?" *Rand Science & Technology Issue Paper*. Santa Monica-CA: Rand Corporation, 2003.

[2] “Entre o pleno emprego e a falta de qualificação”. *Brasil Econômico*, 25/05/2011, <http://www.brasileconomico.com.br/noticias/entre-o-pleno-emprego-e-a-falta-de-qualificacao__102155.html>, acessado em 20/10/2013. “Lula: Brasil vive quase pleno emprego”. *O Globo*, 25/10/2010, <<http://oglobo.globo.com/economia/lula-brasil-vive-quase-pleno-emprego-2935099>>, acessado em 20/10/2013. “Brasil está próximo de atingir o pleno emprego, segundo economistas”. *Portal IG Economia*, 24/06/2010, <<http://economia.ig.com.br/pais-esta-proximo-de-attingir-o-pleno-emprego-segundo-economistas/n1237678405637.html>>, acessado em 20/10/2013. “‘Pleno emprego’ aparece no radar de 2010”. *Gazeta do Povo*, 22/11/2009, <<http://www.gazetadopovo.com.br/economia/conteudo.phtml?tl=1&id=946807&tit=Pleno-emprego-aparece-no-radar-de-2010>>, acessado em 20/10/2013.

[3] “Há vagas. Falta mão de obra”. *O Globo*, 25/04/2013, <<http://oglobo.globo.com/economia/ha-vagas-falta-mao-de-obra-8217386>>, acessado em 20/10/2013. “Dificuldade de encontrar mão de obra qualificada afeta economia brasileira”. *Jornal Nacional*, 13/08/2012, <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2012/08/dificuldade-de-encontrar-mao-de-obra-qualificada-afeta-economia-brasileira.html>>, acessado em 20/10/2013. “O risco do apagão da mão de obra”. *Revista IstoÉ*, 29/12/2010, <http://www.istoec.com.br/reportagens/117227__O+RISCO+DO+A+PAGAO+DA+MAO+DE+OBRA>, acessado em 20/10/2013.

[4] “Especialistas alertam para apagão de mão de obra em alguns setores”. *Jornal Nacional*, edição de 18/02/2011, <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2011/02/especialistas-alertam-para-apagao-de-mao-de-obra-em-alguns-setores.html>>, acessado em 20/10/2013.

[5] “FGV: há um apagão na construção civil”. *O Globo*, 05/04/2011, <<http://oglobo.globo.com/economia/fgv-ha-um-apagao-na-construcao-civil-2801024>>, acessado em 03/04/2014. “Falta de mão de obra dificulta expansão da construção civil”. *Jornal do Commercio*, 26/01/2011,

dos mais diversos matizes chegam a falar corriqueiramente na mídia que o Brasil viveria uma situação de pleno emprego². Com frequência as manchetes deram destaque a um risco generalizado de escassez de mão de obra³, enquanto outras situaram o problema em alguns setores⁴, particularmente na construção civil⁵, em tecnologia da informação⁶ e no setor de petróleo e gás natural⁷. Entre os profissionais mais escassos, a julgar por muitas das inserções a respeito na mídia, estariam os engenheiros⁸.

Estaria mesmo o Brasil padecendo de um problema generalizado de escassez de mão de obra qualificada? Estudos empíricos não parecem validar essa hipótese. Barbosa Filho, Pessoa e Veloso⁹ concluem que a disponibilidade de trabalho qualificado no Brasil não foi um fator limitante do crescimento econômico do país nos anos recentes. Maciente e Araújo¹⁰ mostraram que, dadas as tendências de formação de engenheiros e as projeções de demanda por esses profissionais no mercado de trabalho, só haveria risco de apagão de mão de obra qualificada se o Brasil crescesse em padrões indianos ou chineses por toda a década de 2011-2020, o que não parece ser o caso. Saboia e Salm¹¹ não veem sinais de escassez entre profissionais de nível superior e consideram que, se algum problema houvesse, seria em ocupações que exigem baixa escolaridade. Pompermayer e outros¹² conjecturam que alguns problemas regionais, em especialidades profissionais específicas ou associados à baixa qualidade da formação ou mesmo à reduzida experiência de muitos postulantes às novas vagas de emprego, talvez estivessem contaminando a percepção de escassez, levando muitos a tratar o problema como generalizado.

Valendo-se de achados como esses, Claudio Moura Castro, analisada com bom poder de mídia, sintetizou o problema da seguinte maneira em uma revista de grande circulação nacional:

As manchetes são pródigas em repetir que o país entrou numa fase de escassez aguda de mão de obra. As denúncias abundam: faltam tantos milhares de engenheiros disso ou daquilo. Mas será? Equívocos nos diagnósticos levam a equívocos nas terapias. Os economistas, uns chatos, talvez, começam sempre insistindo para que as definições sejam sólidas. De outra forma, o que parece desacordo é puro ruído semântico. [...] Para economistas puros-sangues, escassez é quando aumenta a demanda e, como resultado de mais gente querendo contratar, os salários sobem. Portanto, apagão se mede com variações de remuneração, seja ao longo do tempo, seja na comparação entre profissões parecidas. [...] Voltamos à pergunta: há apagão? Traduzindo, os salários subiram vertiginosamente? Tudo o mais é ruído. Algumas pesquisas recentes trazem respostas. Consideremos duas situações. A primeira é a das grandes obras no meio do nada. A explosão de indústrias no Porto de Suape, as usinas em São Luís,

*Belo Monte, o pré-sal e outras obras monumentais criam, da noite para o dia, demanda por dezenas de milhares de profissionais de todas as tribos, em regiões onde não há rigorosamente nenhuma oferta. A prova é que os salários disparam. A segunda situação é bem mais matizada. Para o país como um todo, pesquisas mostram salários praticamente estagnados para graduados de nível superior, em geral. Ou seja, não há apagão para gente com canudo debaixo do braço. [...] Quando se cria o apagão, duas coisas acontecem. Com os preços mais altos — no caso presente, para certos tipos de mão de obra —, passa a ser mais atraente investir na área em que apareceu o gargalo. Isso vai aumentar a oferta, acabando por eliminar o pico de escassez observado, ainda que leve tempo. [...] Ou seja, é o próprio apagão que cria as reações que vão eliminá-lo. É preciso que exista aumento de preços ou escassez aguda para que apareçam as manifestações políticas ou econômicas que vão pôr em marcha os processos que fazem expandir a oferta de mão de obra disso ou daquilo. A denúncia na imprensa e o pânico criado contribuem para que desapareça. São parte da solução, se diagnosticarem o apagão no lugar certo*¹³.

Independentemente da pertinência ou não dos argumentos, o artigo de Moura Castro sinalizava que, mesmo nos meios de comunicação, o debate começava a se encaminhar para a identificação de possíveis focos ou mesmo tipos de escassez, em vez de só alardear um problema supostamente generalizado. Assim, em vez de se falar em um “apagão”, tornou-se mais comum trazer à tona questões mais concernentes à qualidade, à experiência, à distribuição espacial e a habilidades específicas (especialidades) da força de trabalho, levando em conta, inclusive, as peculiaridades de cada atividade profissional.

O bom desempenho da economia brasileira a partir de meados da década de 2000 (crescimento médio anual de 4,4% entre 2004 e 2010) recolocou em alta as engenharias, a ponto de, em 2011, o número de ingressos em cursos dessas áreas superar, pela primeira vez, o de ingressos em cursos de direito¹⁴. Não deixam de surgir, contudo, questionamentos quanto à necessidade de mais e melhores engenheiros no Brasil¹⁵, não apenas pelo fato de o país formar relativamente pouco desses profissionais em comparação com outros países¹⁶, mas também pela associação que se costuma fazer desse profissional ao desenvolvimento tecnológico, à inovação e ao próprio crescimento econômico.

Embora as expectativas quanto ao desempenho futuro da economia brasileira venham se deteriorando nos últimos tempos¹⁷, ainda é recorrente a preocupação com uma eventual falta de engenheiros no Brasil, tanto que notícias veiculadas na imprensa já dão conta de que viria sendo discutido, no âmbito do governo federal, um programa específico de importação de engenheiros, análogo

<http://jcrs.uol.com.br/site/noticia.php?codn=53051>, acessado em 03/04/2014

[6] “Empresas enfrentam falta de mão de obra em ti”. *O Globo*, 13/12/2012, <<http://oglobo.globo.com/tecnologia/empresas-enfrentam-falta-de-mao-de-obra-em-ti-7040812>>, acessado em 20/10/2013.

[7] “Setor de petróleo enfrenta falta de mão de obra especializada, diz economista”. *Agência Brasil*, 18/08/2012, <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2012-08-18/setor-de-petroleo-enfrenta-falta-de-mao-de-obra-especializada-diz-economista>>.

[8] “Falta de engenheiros faz com que profissão esteja em alta no Brasil”. *O Globo*, 11/03/2013, <<http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2013/03/falta-de-engenheiros-faz-com-que-profissao-esteja-em-alta-no-brasil.html>>, acessado em 20/10/2013. “Apagão de talentos: a falta de engenheiros”. *Época Negócios*, 09/2011 <<http://colunas.revistaepocaenegocios.globo.com/prazodevalidade/2011/09/09/apagao-de-talentos-a-falta-de-engenheiros/>>, acessado em 20/10/2013. “Técnicos e engenheiros são profissões com mais escassez”. *Folha de S.Paulo*, 19/05/2011, <<http://classificados.folha.uol.com.br/empregos/918107-tecnicos-e-engenheiros-sao-profissoes-com-mais-escassez.shtml>>, acessado em 20/10/2013. “Escassez de engenheiros”. *Estadão.com*, 20/07/2010, <<http://www.estadao.com.br/noticias/impresso,escassez-de-engenheiros,583492,0.htm>>, acessado em 20/10/2013.

[9] Barbosa Filho, F. H.; Pessoa, S. A. e Veloso, F. A. “Evolução da produtividade total dos fatores na economia brasileira com ênfase no capital humano — 1992-2007”. *Revista Brasileira de Economia*, vol. 64, n.º 2, jun. 2010.

[10] Maciente, A. N. e Araújo, T. C. “A demanda por engenheiros e profissionais afins no mercado de trabalho formal”. *Radar: tecnologia, produção e comércio exterior*, vol. 12, fev. 2011, pp. 43-54, Ipea.

[11] Saboia, J., Salm, C. “Tendências da qualificação da força de trabalho”. In: Kupfer, D.; Laplane, M. e Hira-

tuka, C. (eds.). *Perspectivas do investimento no Brasil: temas transversais*. Rio de Janeiro: Synergia, vol. 4, pp. 343-400, 2010.

[12] Pompermayer, F. M. e outros. “Potenciais gargalos e prováveis caminhos de ajustes no mundo do trabalho no Brasil nos próximos anos”. *Radars: tecnologia, produção e comércio exterior*. vol. 12, fev. 2011, pp. 7-14, Ipea.

[13] “Apagão de mão de obra”, por Claudio Moura Castro, *Veja*, 16/11/2011, p. 24.

[14] “Pela primeira vez, engenharia tem mais calouros do que direito”. *Folha de S.Paulo*, 14/04/2013, <<http://www1.folha.uol.com.br/educacao/1262233-pela-primeira-vez-engenharia-tem-mais-calouros-do-que-direito.shtml>>, acessado em 28/08/2013. “Brasil busca engenheiros. Vestibulandos candidatem-se”. *Veja*, 13/11/2011, <<http://veja.abril.com.br/noticia/educacao/aquecimento-da-economia-atrai-jovens-para-a-engenharia>>, acessado em 28/08/2013.

[15] “A falta que bons engenheiros fazem”. *Exame.com*, 03/09/2012, <<http://exame.abril.com.br/revista-exame/edicoes/1023/noticias/a-falta-que-eles-fazem>>, acessado em 28/08/2013. “Brasileiro sente falta de engenheiro que seja líder e fale inglês”. *Folha de S.Paulo*, 09/06/2013, <<http://classificados.folha.uol.com.br/empregos/2013/06/1291405-brasil-sente-falta-de-engenheiro-que-seja-lider-e-fale-ingles.shtml>>, acessado em 28/08/2013.

[16] “Formação em engenharia no Brasil: comparação internacional”. *Engenhariadata*, 05/12/2011, <<http://engenhariadata.com.br/a-formacao-em-engenharia-no-brasil-comparacao-internacional/>>, acessado em 28/08/2013.

[17] Vide o viés de queda que vem sendo observado pelo menos desde o segundo trimestre de 2013 nas estimativas de crescimento reportadas semanalmente pelo Boletim Focus, do Banco Central.

[18] “Depois de médicos, Dilma estuda importar engenheiros”. *Exame.com*, 11/08/2013, <<http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/por-prefei->

ao Programa Mais Médicos¹⁸. A justificativa principal estaria no diagnóstico de que faltariam, nas prefeituras, “especialistas dispostos a trabalhar na elaboração de projetos básico e executivo, fundamentais para que a cidade possa receber recursos da União”¹⁹. Em reportagem veiculada em agosto de 2013²⁰ sobre o problema de falta de engenheiros na região Nordeste, declarações atribuídas a empresários e ao presidente do Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva apontam para dificuldades em contratar engenheiros especializados em obras de ferrovias, portos e mobilidade urbana (como metrô), bem como para obras públicas de grande porte no interior.

Mas o que é apontado nessa reportagem como maior carência é a de engenheiros capazes de projetar obras e gerenciá-las do início ao fim. Essa percepção remete a uma das hipóteses que levantaremos adiante, a partir dos dados apresentados nas seções seguintes deste artigo: no caso das engenharias, grande parte do problema está relacionado a uma questão geracional, ou seja, ao fato de que a baixa valorização da profissão nos anos 1980 e 1990 levou a uma fuga dos cursos de engenharia na época, resultando hoje em acentuada escassez relativa de engenheiros na faixa etária dos 35 aos 59 anos — justamente os profissionais que tendem a ter experiência relevante para os postos de gerência de grandes obras.

DISCUSSÃO CONCEITUAL

O problema da escassez de recursos é questão central de estudo na ciência econômica e é, ao mesmo tempo, um motor do próprio desenvolvimento econômico e tecnológico. Hirschman²¹ caracteriza o desenvolvimento como uma cadeia de desequilíbrios e, nesse sentido, é justamente a escassez que induz novos investimentos, acarretando novos desequilíbrios e levando a um processo dinâmico de desenvolvimento. Escassez, portanto, não é necessariamente ruim e tende a levar a reações dos agentes econômicos capazes de desencadear inovações e ganhos à sociedade.

De maneira geral, Butz e outros²² sugerem cinco sinais de que um país ou região está enfrentando uma situação de “baixa produção” de determinado bem²³:

1. A produção é mais baixa que no passado recente;
2. A concentração de mercado dos líderes tem aumentado ao longo do tempo;
3. A produção é menor do que o desejado pelos ofertantes;
4. A produção é menor do que o desejado socialmente;
5. A produção não atende à própria demanda de mercado, o que pode ter reflexo em preços ascendentes.

Economistas ortodoxos costumam defender que, assim como qualquer outro mercado, o mercado de trabalho deveria ser deixado livre para se ajustar a novas condições, mesmo quando emergem situações de escassez de trabalho, e que o tempo de maturação desses ajustes dependerá da velocidade com a qual os agentes econômicos reagirem aos novos sinais de mercado²⁴. Essa lógica pressupõe que os agentes dominem todas as informações relevantes do mercado. No entanto, nos diversos e heterogêneos mercados de trabalho, as informações tendem a ser custosas e assimétricas, levando a seleções adversas, sem mencionar as falhas de mercado que podem emergir do poder dos sindicatos, de questões regulatórias específicas e outras tantas especificidades²⁵.

Assim, o ajuste por meio dos preços nem sempre é imediato em muitos mercados de trabalho. Além disso, há outras características que podem sinalizar escassez de mão de obra, tais como as apontadas por Nascimento²⁶:

6. Baixas taxas de desemprego;
7. Proporção crescente de empregados nas ocupações típicas²⁷;
8. Alta rotatividade da mão de obra especializada, que tenderia a permanecer pouco nos empregos em busca de melhores salários — o que seria refletido na redução do diferencial entre os salários dos desligados e dos admitidos;
9. Vagas abertas são preenchidas com dificuldade;
10. Aumento nas horas trabalhadas, com o uso frequente de horas extras;
11. Concorrência acirrada entre empresas pelos melhores profissionais;
12. Redução das exigências para a contratação.

Dadas as características específicas do mercado de trabalho para profissionais de engenharia e a disponibilidade de dados, este artigo se concentra na avaliação dos itens 1 (formação de engenheiros em nível menor do que anteriormente), 4 (formação menor que o desejado), 5 (evolução dos salários), 6 (desemprego entre os engenheiros), 7 (ocupações típicas) e 8 (rotatividade e diferencial de salários entre admitidos e desligados). A análise combinada desses indicadores possibilita uma avaliação mais consistente da escassez dos engenheiros no Brasil. A partir desse diagnóstico, o artigo traz uma proposta de sistematização do debate a respeito da escassez de engenheiros no país.

OCUPAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS E RENDA PER CAPITA

Antes de entrar especificamente na discussão sobre a escassez de engenheiros no Brasil, cabe destacar a importância das carreiras técnico-científicas para o crescimento econômico. A contribuição desta seção é mostrar a relação positiva entre recursos humanos em ciência

tos-dilma-estuda-importar», acessado em 28/08/2013.

[19] “Depois de médicos, Dilma estuda importar engenheiros.” *Exame.com*, 11/08/2013 <<http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/por-prefeitos-dilma-estuda-importar>>, acessado em 02/04/2014.

[20] “Procuram-se engenheiros e arquitetos no Nordeste”. *Você S/A*, 08/2013 <<http://exame.abril.com.br/revista-voce-sa/edicoes/183/noticias/canteiro-permanente-de-obras>>, acessado em 28/08/2013.

[21] Hirschman, A. O. *The strategy of economic development*. New Haven: Yale University Press, 1958.

[22] Butz e outros, op. cit., p. 1.

[23] Cabe notar que Butz e outros (2003) lançam mão dessa estrutura para analisar um problema de pesquisa semelhante ao aqui apresentado, ou seja, a existência ou não de escassez de cientistas e engenheiros nos Estados Unidos a partir de dados de “produção” desses profissionais entre os anos 1970 e 1990.

[24] Ver, por exemplo, Arrow, K. J., Capron, W. M. “Dynamic shortages and price rises: the engineer-scientist case”. *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 73, nº 2, pp. 292-308, 1959, e Freeman, R. B. “Is a great labor shortage coming? Replacement demand in the global economy”. In: Holzer, H. J. e Nightingale, D. S. (ed). *Reshaping the American workforce in a changing economy*. Washington, D. C.: The Urban Institute Press, 2007.

[25] Autor, D. H. “The economics of labor market intermediation: an analytic framework”. NBER, set. 2008 (Working Paper Series, nº 14.348); Jurnankar, P. N. *Was there a skills shortage in Australia?* Bonn: IZA, dez. 2009 (Texto para Discussão, nº 4.651).

[26] Nascimento, P. A. M. M. “Há escassez generalizada de profissionais de carreiras técnico-científicas no Brasil? Uma análise a partir de dados do caged”. *Mercado de trabalho: conjuntura e análise*, vol. 49, nov. 2011, pp. 19-28, Ipea.

[27] As ocupações típicas de engenharia são aqui definidas como aquelas que estão dispostas explicitamente na

CBO (Classificação Brasileira de Ocupações) com o vocábulo engenharia, mais os professores de ensino superior. Evidentemente, há muitas ocupações de engenheiros que não recebem o vocábulo engenharia (como analista, técnico etc.); o recurso à categoria ocupações típicas, apesar de distorções inerentes (é conservadora), torna viável a manipulação de grandes bases de dados, como a RAIS/MTE ou o Censo. Ver no Apêndice como foram delimitadas, neste trabalho, as ocupações aqui consideradas típicas das engenharias.

[28] Esses profissionais são definidos pela OCDE como Recursos Humanos em Ciência e Tecnologia (*Human Resources in Science and Technology*). São profissionais empregados em ciência

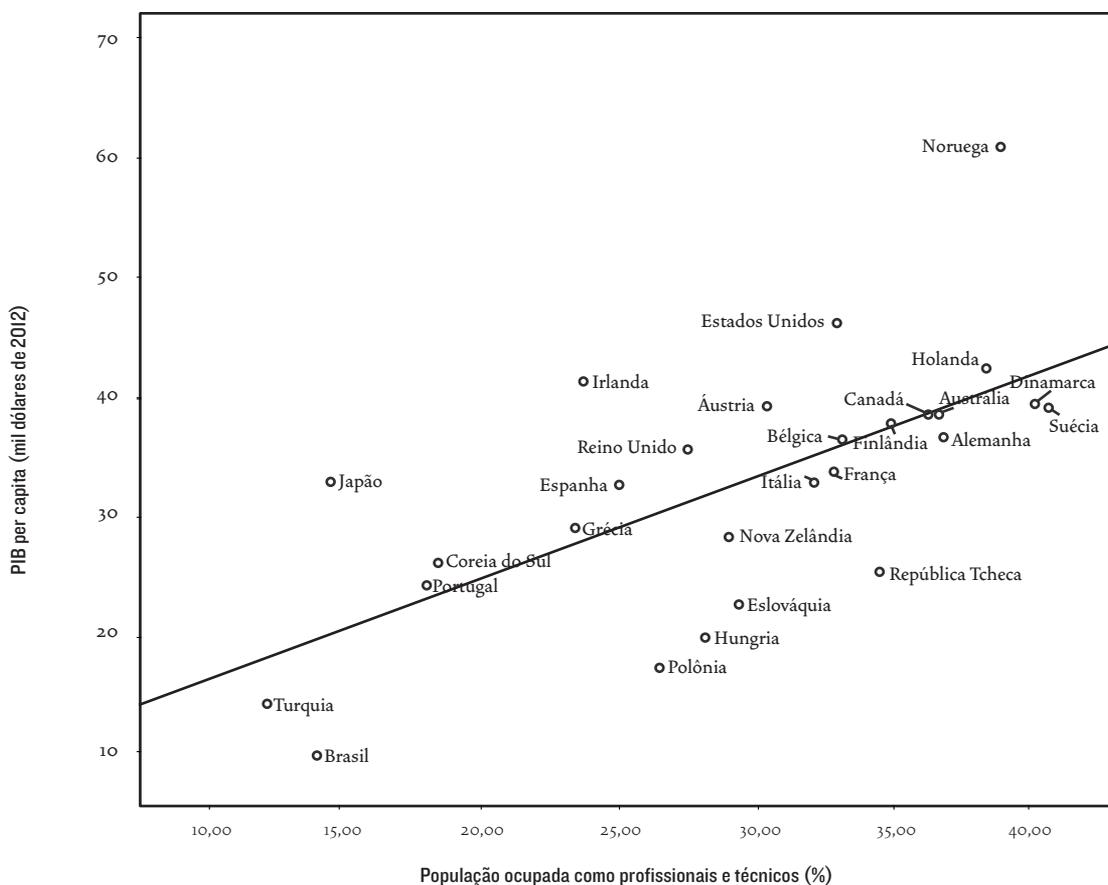
e tecnologia e renda per capita em diversos países. A discussão sobre engenharia é muito maior do que a interna à corporação, às escolas ou aos profissionais; diz respeito ao desenvolvimento e ao padrão de desenvolvimento de uma nação.

O Gráfico 1 traz a dispersão para as variáveis PIB per capita em 2008 (em dólares de 2012) e a porcentagem de Recursos Humanos em Ciência e Tecnologia (HRST, na sigla em inglês) no total de empregados, segundo a OCDE²⁸. Apesar de esse indicador incluir outros profissionais além dos engenheiros, é a abertura mais desagregada possível para comparações internacionais.

Percebe-se uma clara correlação entre as duas variáveis (67%), isto é, quanto maior o PIB per capita, maior a participação dos profissionais envolvidos em ciência e tecnologia na força de trabalho. Essa relação positiva não chega a ser uma surpresa, visto que esses

GRÁFICO 1

Relação entre PIB per capita em 2008 (em mil dólares de 2012) e porcentagem de recursos humanos em ciência e tecnologia no total de empregados (2007-2008)



Fonte: OCDE. Elaboração dos autores.

profissionais são fundamentais para o desenvolvimento tecnológico e absorção de novas tecnologias.

Em adição a essa correlação simples, a Tabela 1 traz um modelo econométrico em painel, com controle para efeitos fixos. Os dados são para 2007, 2009 e 2011. A vantagem desse tipo de modelo é que a relação estatística entre as variáveis é controlada por efeitos específicos aos países que são fixos no tempo. Posto de outro modo, o foco desse tipo de modelagem está na relação incremental entre as variáveis (quanto a variação de uma variável guarda relação com a variação da outra), de forma que a correlação entre as variáveis não é “contaminada” por esses efeitos específicos. Numa linguagem coloquial, nesse tipo de modelagem leva-se em conta “a Noruega ser a Noruega”, “o Brasil ser o Brasil” e assim por diante²⁹.

Formalmente,

$$PIBperCapita_{it} = \alpha_i + \beta_0 + \beta_1 HRST_{it} + \varepsilon_{it}$$

onde $PIBperCapita_{it}$ é a renda per capita do país i no ano t , α_i é o efeito fixo referente ao país³⁰, β_0 é o intercepto, $HRST_{it}$ é a variável que representa a proporção dos recursos humanos como profissionais e técnicos de ciência e tecnologia, β_1 é o coeficiente linear de interesse e ε_{it} é o erro aleatório.

Os resultados mostram que, mesmo quando se controlam os efeitos fixos dos países, a relação entre PIB per capita e os HRST ainda se man-

e tecnologia cujas atividades geralmente demandam alta qualificação e o potencial de inovação é alto. São profissões do grupo 2 e 3 da ISCO (*International Standard Classification of Occupations*), o que inclui: físicos, matemáticos, engenheiros, cientistas da vida e profissionais da saúde, profissionais de ensino, e outros profissionais (grupo 2); e profissionais das mesmas áreas do grupo 2, só que de nível educacional intermediário. Para mais informações, ver <http://www.oecd-ilibrary.org/sites/sti_scoreboard-2011-en/02/03/index.html?contentType=/ns/Chapter/ns/StatisticalPublication&itemId=/content/chapter/sti_scoreboard-2011-14-en&containerItemId=/content/serial/20725345&accessItemIds=&mimeType=text/html>, acessado em 13/08/2013.

Essa definição é semelhante à definição de Pessoal Ocupado Técnico-Científico empregada em Nascimento (op. cit., 2011) e em Araújo, B. C., Cavalcante, L. R. e Alves, P. “Variáveis proxy para os gastos empresariais em inovação com base no pessoal ocupado técnico-científico disponível na Relação Anual de Informações Sociais (RAIS)”. *Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior*, nº 5, dez. 2009, pp. 16-21., Ipea, ainda que neste último artigo os autores só tenham considerado profissionais de nível superior.

[29] Sobre as técnicas de modelos em painel com efeitos fixos, vide Woldridge, J. *Econometric analysis of cross section and panel data*. Cambridge: MIT Press, 2002.

[30] Como esses efeitos fixos são invariantes no tempo, omite-se o subscrito t .

TABELA 1

Modelos de efeitos fixos para a relação entre PIB per capita e porcentagem de recursos humanos em ciência e tecnologia no total de empregados (2007, 2009 e 2011)

Variáveis	(1)	(2)
	PIB per capita	PIB per capita
HRST	552.9*** (139.0)	
HRST (somente nível superior)		712.0*** (191.9)
Constante	19,690*** (4,272)	25,915*** (2,905)
Observações	70	70
R-quadrado	0.260	0.234
Número de países	24	24

(erros-padrão entre parênteses)

Fonte: OCDE. Elaboração dos autores.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

tém positiva. Na última coluna, foi considerado apenas o HRST de nível superior, a fim de verificarmos a robustez dos resultados. Novamente, a relação entre as variáveis se mostrou positiva e significativa a 1%.

Esses dois testes estatísticos mostram que o crescimento do PIB per capita guarda alguma relação com as carreiras científicas e tecnológicas em nível mundial. Isso significa que o debate sobre o crescimento de longo prazo passa pelo fortalecimento das ocupações em ciência e tecnologia, entre as quais a engenharia é parte relevante, devido à importância desses profissionais para o aumento da produtividade e desenvolvimento e aprendizado tecnológicos.

Assim, mostrada a relevância da engenharia para o desenvolvimento, discutiremos os sinais propostos por Butz e outros³¹ e as características do mercado de trabalho conforme propostas por Nascimento³², elencando hipóteses que indiquem a escassez de engenheiros e buscando evidências para derrubá-las.

[31] Op. cit., 2003.

[32] Op. cit., 2011.

UMA AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE ESCASSEZ DE MÃO DE OBRA DE ENGENHARIA NO BRASIL

Formação, emprego de engenheiros e PIB

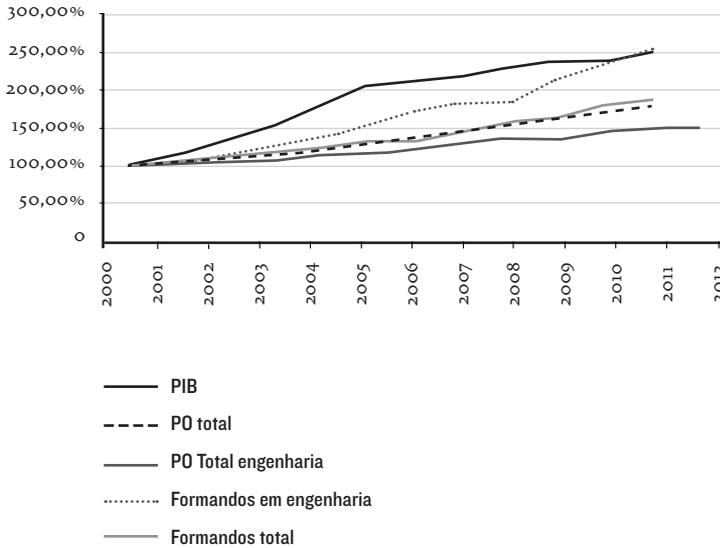
Nesta subseção, discutimos se a oferta de engenheiros é decrescente ao longo do tempo (indicador 1, da introdução) ou se é menor do que o desejado socialmente (indicador 4). Naturalmente, reconhece-se que na prática é difícil operacionalizar o conceito de oferta socialmente desejável de engenheiros. No entanto, pode-se comparar a evolução da oferta de novos engenheiros (aproximada pelo número de formados em cursos superiores de engenharia) à evolução do próprio PIB real (a preços de 2012), tendo por pressuposto uma razão teórica engenheiros/PIB ideal. Essa comparação, assim como as curvas do total de concluintes do ensino superior, o pessoal ocupado em engenharia e o total de empregados formais estão no Gráfico 2.

Em primeiro lugar, cabe notar que a oferta de engenheiros certamente não é decrescente ao longo do tempo, seja pelo critério de oferta de novos engenheiros, seja pelo critério de equilíbrio de mercado observado (oferta e demanda) nas ocupações de engenharia. Ambas as séries cresceram durante a década. Em segundo lugar, a oferta de novos engenheiros não apenas cresce ao longo do tempo como cresce a taxas bem acima daquelas do próprio PIB real. Com efeito, o PIB real aumentou a uma taxa anualizada média de 3,4% ao ano, enquanto o total de formados em cursos de engenharia cresceu a uma taxa de 8,7% ao ano.

Suponha-se uma razão teórica engenheiros/PIB ideal. Nesse caso, mesmo que o Brasil esteja abaixo dela, a tendência é que esse déficit diminua ao longo do tempo. Some-se a isso a possibilidade de engenheiros formados que exerçam outras ocupações virem a ser

GRÁFICO 2

Evolução do pessoal ocupado em engenharia e total dos concluintes de cursos de engenharia



Fonte: Ipeadata (PIB a preços reais) – www.ipeadata.gov.br; e EngenhariaData (demais séries) – engenhariadata.com.br. Elaboração dos autores.

atraídos novamente para as chamadas ocupações típicas de engenharia. Sobre esse ponto, Maciente e Araújo³³ notam que o percentual de engenheiros exercendo ocupações típicas era de 29% em 2000 e foi crescendo ano a ano até alcançar 38% em 2009. Por sua vez, usando dados dos Censos de 2000 e 2010, Menezes-Filho³⁴ afirma que os percentuais de engenheiros exercendo ocupações típicas cresceram entre 2000 e 2010 em todas as engenharias. Entretanto, mesmo aquela com maior proporção de engenheiros exercendo ocupações típicas (engenharia civil) não chega a ultrapassar os 50%, ao contrário do observado em outras carreiras, como a carreira médica, na qual esse percentual é de 80%.

Mesmo que se suponha que essa razão teórica engenheiros/PIB cresça ao longo do tempo à medida que o país se desenvolve e adensa tecnologicamente sua estrutura produtiva, ainda assim a taxa de crescimento do PIB tem sido muito menor do que o número de concluintes em engenharia na última década. Por essas razões, entende-se que o indicador 4 (produção menor do que o desejado socialmente), se ora existente, tende a se esgotar no longo prazo.

Por fim, cabe comentar que as tendências tanto na formação como no próprio emprego de engenheiros seguiram a tendência geral observada no Brasil durante a década de 2000. O processo de crescimento do PIB na década de 2000 incorporou mão de obra no setor formal,

[33] Op. cit.

[34] Menezes-Filho, N. "Apagão de mão de obra qualificada? As profissões e o mercado de trabalho brasileiro entre 2000 e 2010". *BraIn Investimento e Negócios*, São Paulo, 2012.

de modo que o emprego formal cresceu mais que o próprio PIB. O emprego em ocupações de engenharia seguiu tendência praticamente idêntica, crescendo 85% em uma década e totalizando aproximadamente 230 mil profissionais. Em 2011, o emprego em ocupações de engenharia apresentou crescimento, representando 0,49% do total de empregados formais da economia brasileira (em 2000, este percentual era de 0,47%).

Também no que tange à conclusão de curso superior, apesar do forte crescimento em engenharia comentado anteriormente, esse crescimento não foi relativamente diferente daquele observado no total de formandos no ensino superior brasileiro. Cabe lembrar que durante a década ocorreu forte expansão do ensino superior privado e iniciativas públicas como o ReUni, ProUni, Sisu e a reforma do FIES. Essas iniciativas, somadas à própria expansão do ensino privado, ampliaram muito o número de vagas. Além disso, o ProUni estimulou tanto a ampliação como a ocupação de vagas existentes e, com o FIES³⁵, favoreceu a permanência dos alunos nos cursos superiores.

Esses resultados se alinham com os encontrados em Pereira, Nascimento e Araujo³⁶, que projetaram a disponibilidade de engenheiros no Brasil em 2020 utilizando três técnicas de projeção demográfica de tendência: linear (cenário pessimista), ajuste polinomial (cenário intermediário) e exponencial (cenário otimista). Segundo suas projeções, as quais partiram da taxa média de crescimento dos concluintes em cursos de engenharia observada entre 2000 e 2008 (8,7% ao ano), as tendências de taxa de crescimento dos concluintes em engenharia entre 2000 e 2020 são de 6,53%, 8,46% e 9,49% nos três cenários. Caso se confirme o cenário intermediário proposto pelos autores, em 2020 o Brasil formaria cinco vezes mais engenheiros do que em 2000³⁷.

Aspectos do mercado de trabalho em engenharia

Nesta seção, a atenção se volta para alguns aspectos do mercado de trabalho. Genericamente falando, a escassez de profissionais levaria a um aumento de salário. No caso, um eventual aumento do salário dos engenheiros seria poderoso indicador de procura por tais profissionais acima da demanda. Com relação ao total de trabalhadores, o diferencial de salário de um engenheiro — quantas vezes o salário do engenheiro é superior à média — permaneceu relativamente estável entre 2003 e 2011, flutuando em torno de 4,5. Porém deve-se lembrar que durante a década houve ganhos salariais por parte dos trabalhadores menos qualificados, devido aos aumentos de salário mínimo acima da inflação. Por isso, quando se compararam os salários dos engenheiros em relação ao total de trabalhadores com nível superior, nota-se que esse diferencial cresce até 2009,

[35] O ReUni é o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais, que visa à expansão das universidades federais. Já por meio do ProUni, as instituições privadas podem conceder bolsas de estudo a alunos carentes em troca de renúncia fiscal de impostos federais. O FIES é o programa de financiamento estudantil, passou por uma reformulação em 2010 e atualmente os juros do empréstimo são de 3,4% a.a., portanto, abaixo da inflação. Essa mudança levou a um rápido crescimento a partir de 2011, e entre 2011 e 2012 o número de novos inscritos passou de 153 mil para 368 mil. Ao todo, são financiados mais de 890 mil estudantes. O Sistema de Seleção Unificada (Sisu) baseia-se na nota do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Isso permite que um aluno pleiteie vagas em universidades por todo o país, reduzindo assim a ociosidade.

[36] Pereira, R. H. M.; Nascimento, P. A. M. M. e Araújo, T. C. *Projeções de mão de obra qualificada no Brasil: uma proposta inicial com cenários para a disponibilidade de engenheiros até 2020*. Brasília: Ipea, 2011 (Texto para Discussão, nº 1.663).

[37] Entretanto, há de se considerar que a oferta de engenheiros não é afetada apenas pelo número de formados, mas também pelas tendências demográficas na pirâmide etária e fatores como migração (entre países e entre ocupações, como a atração dos engenheiros de volta para ocupações típicas) e aposentadoria.

passando de 1,75 em 2003 para 1,95 em 2009, ou seja, em 2009 um engenheiro tendia a ganhar o dobro da média das outras carreiras de nível superior. A partir desse ano, esse diferencial passa a cair, provavelmente refletindo a ampliação da oferta de novos engenheiros recém-formados. Cabe destacar que essa série de dados é relativamente curta, mas a mudança na CBO (Classificação Brasileira de Ocupações) em 2002 prejudica a avaliação dos diferenciais de salário para anos anteriores.

No que tange às taxas de desemprego (indicador 6), Menezes-Filho³⁸ reporta, a partir de análise dos Censos de 2000 e 2010, que a taxa de desemprego entre os engenheiros formados caiu de 4% em 2000 para 2% em 2010. Essa variação de 2 pontos percentuais é baixa em termos absolutos, mas deve-se considerar que a taxa de desemprego dos engenheiros é historicamente baixa (em 2000 era de 4%), pois sua formação exige habilidades matemáticas e de abstração que podem ser exercidas em outras áreas³⁹. Para comparação, a taxa de desemprego da população em geral caiu de 7,1% em 2000 para 6,7% em 2010, passando por um pico de 12,3% em 2003.⁴⁰

Quando se leva em consideração o exercício das chamadas ocupações típicas (indicador 7), Menezes-Filho calcula que a taxa de profissionais em ocupações típicas subiu entre 2000 e 2010, situando-se em torno de 38% no último ano. Mais importante, ainda de acordo com Menezes-Filho, o diferencial de salário⁴¹ entre os formados em engenharia que exercem ocupações típicas em relação aos

[38] Op. cit.

[39] Pompermayer e outros, op. cit.

[40] De acordo com a Pesquisa Mensal de Emprego, do IBGE.

[41] Nesse caso, os diferenciais de salário foram calculados a partir de uma modelagem econométrica para uma equação de salário (que também contém como variáveis explicativas idade e gênero, por exemplo), com uma variável *dummy* indicando se o indivíduo exerce uma ocupação típica ou não.

TABELA 2

Evolução dos diferenciais de salários do pessoal ocupado em engenharia e total (remuneração de dezembro em cada ano)

Ano	Engenheiros/Total da RAIS	Engenheiros/Pessoal de Nível Superior na RAIS
2003	4.382	1.749
2004	4.536	1.804
2005	4.539	1.831
2006	4.431	1.780
2007	4.462	1.872
2008	4.504	1.869
2009	4.596	1.947
2010	4.479	1.896
2011	4.471	1.913

Fonte: Elaboração dos autores a partir da RAIS.

demais formados em engenharia, que costumava ser negativo em 2000, passou a ser positivo em 2010. Em outras palavras, em 2000 os engenheiros trabalhando em ocupações fora das típicas da engenharia tendiam a ganhar mais, situação que se inverteu em 2010. Por exemplo, atualmente um engenheiro civil envolvido em obras tende a ganhar 10% a mais do que ganharia se fosse exercer uma ocupação fora daquelas consideradas típicas de engenharia.

Nascimento analisa a questão da rotatividade da mão de obra dos profissionais em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (os chamados trabalhadores STEM, na sigla em inglês — conceito muito semelhante ao HRST analisado anteriormente), conjugada ao comportamento da diferença de salários entre admitidos e desligados na indústria e na construção civil a partir dos microdados do CAGED/TEM (indicador 8). Espera-se que o salário dos admitidos seja menor do que o dos desligados, pois geralmente se substituem profissionais mais experientes por mais jovens. Quanto à rotatividade, embora reconheça que há diversas formas de cálculo, o autor utiliza a mais simples, a soma de admitidos e desligados em determinado período dividida pelo estoque de trabalhadores — nesse caso, fornecido pela RAIS no dia 31 de dezembro do ano anterior sob análise.

Nascimento realiza sua análise de janeiro de 2003 a maio de 2011 e, em aparentemente metade dos meses da série, a situação é de estabilidade tanto da taxa de rotatividade (por volta de 4%) como da diferença salarial entre admitidos e desligados (por volta de 15%). O autor identifica três períodos de aquecimento: entre o primeiro trimestre de 2004 e o segundo trimestre de 2005; de meados de 2007 até o fim de 2008; e do início de 2010 até o final da série. No primeiro período, a diferença de salário entre trabalhadores STEM desligados e admitidos caiu, mas a taxa de rotatividade não se alterou. Nos outros períodos, houve elevação na rotatividade acompanhada de queda na diferença entre demitidos e admitidos, mas não houve nenhum período em que ambas as taxas estivessem acima de um desvio padrão de suas médias históricas durante três meses consecutivos — parâmetro empregado pelo autor para a definição de “escassez”. Em outras palavras, o aquecimento não se transformou em escassez de acordo com esses indicadores. Nas próprias palavras do autor:

Não fosse a crise desencadeada no último trimestre de 2008, é possível que a tendência verificada a partir de meados de 2007 tivesse prosseguido até a atualidade, chegando eventualmente a um cenário de escassez generalizada. Embora seja difícil conjecturar acerca do que não ocorreu, a expressiva expansão da formação em nível superior nos últimos anos, particularmente

de engenheiros e tecnólogos [...] faz supor que tal tendência poderia vir a se reverter e que essa perspectiva não se concretizaria, mesmo sem crise⁴².

[42] Nascimento, op. cit., p. 26.

Balanço dos indicadores de escassez

Com base no exposto, temos o seguinte balanço dos indicadores de escassez, exposto na Tabela 3.

A análise conjunta de todos esses indicadores quantitativos de mercado de trabalho leva a concluir que houve alguns momentos de pressão de demanda sobre os engenheiros no Brasil ao longo da década de 2000, mas essas pressões se dissiparam nos últimos

TABELA 3
Balanço dos indicadores de escassez

	Pergunta	Resposta	A resposta sinaliza escassez?
Indicador "1"	O emprego cresce a taxas maiores do que a formação dos engenheiros com respeito ao passado recente?	Não, embora tenha havido crescimento vigoroso do emprego, o número de recém-formados em engenharia acompanha ou ultrapassa esse crescimento.	Não
Indicador "4"	O crescimento no emprego e no número de recém-formados em engenharias foi menor que o crescimento do PIB?	Não, este crescimento vigoroso foi bem maior que o crescimento do próprio PIB.	Não
Indicador "5"	Houve crescimento no diferencial do salário dos engenheiros em relação às outras ocupações?	Sim. Ao longo da década de 2000 isso de fato aconteceu, principalmente quando comparado ao pessoal ocupado de nível superior. Entretanto, deve-se notar que há uma reversão de tendência deste diferencial a partir de 2009.	Sim
Indicador "6"	Houve queda no desemprego dos engenheiros?	Sim. Entre 2000 e 2010, ela caiu de 4% para 2%. Mas cabe notar que esta taxa é historicamente baixa.	Sim
Indicador "7"	Houve aumento da proporção de engenheiros trabalhando em ocupações típicas, em comparação com as "não-típicas"?	Sim. A proporção dos engenheiros em ocupações típicas aumentou, bem como o diferencial de salário entre exercer uma ocupação típica de engenharia e exercer outra ocupação.	Sim
Indicador "8"	Há rotatividade dos engenheiros conjugada com queda na diferença dos salários entre desligados e admitidos?	Não	Não

Fonte: Elaboração dos autores.

anos com a entrada de novos profissionais no mercado, e essa é a tendência para os próximos anos. Com efeito, o rápido crescimento do número de vagas e alunos em cursos de engenharia, bem como do número de recém-formados, sinaliza que um eventual déficit de mão de obra em engenharia seria resolvido pela absorção dos novos engenheiros pelo mercado de trabalho.

Afinal, qual o debate? Uma proposta de sistematização

Excluída a possibilidade de “apagão” generalizado de engenheiros, qual seria o fundo do debate? A discussão geral quantitativa para o Brasil esconde algumas dimensões importantes. Tais dimensões foram percebidas em entrevistas com dirigentes empresariais, particularmente de PD&E, quando procuramos compreender quais as razões que sustentavam a queixa genérica de falta de engenheiros. Tais entrevistas foram feitas aproveitando projetos diversos realizados pelo Observatório da Inovação e Competitividade da USP, envolvendo trinta empresas de setores diversos ao longo de cinco anos.

A primeira dimensão é a qualidade da formação dos novos engenheiros. Segundo Gusso e Nascimento⁴³, mais de 40% dos engenheiros formados são oriundos de cursos de engenharia conceitos 1 e 2 (baixo desempenho) do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade). Em contraste, segundo os mesmos autores, não mais do que 30% dos alunos se formam em cursos tidos como melhores, sejam esses os que obtêm conceitos 4 ou 5 no Enade, sejam os cursos ministrados em instituições mais reputadas ou nas que exibem indicadores que as caracterizem, na taxonomia convencional, como universidades de pesquisa e doutorado⁴⁴. Porém há de se colocar essa questão em perspectiva mais ampla. Para formar engenheiros de qualidade, é preciso que os ingressantes tenham uma base sólida, sobretudo em matemática e ciências. E o desempenho do Brasil em exames como o Programa Internacional de Avaliação de Alunos (Pisa, em sua sigla em inglês), apesar de alguma evolução entre 2000 e 2009, ainda é ruim⁴⁵.

A segunda dimensão é geracional, hipótese surgida após entrevistas realizadas com gestores de P&D e de engenharia de algumas empresas, que afirmaram sentir falta de engenheiros experientes. Adicionalmente, Maciente e Araújo (2011) mostram, com dados da RAIS, que em 2009 a participação no mercado de trabalho de profissionais técnico-científicos com idade entre 35 e 50 anos caíra de forma expressiva em relação a 2000. Uma análise dos dados dos censos demográficos do IBGE deixa isso mais evidente, além de dar uma dimensão mais precisa do problema. Se em termos agregados pode não faltar engenheiros, certo desequilíbrio na pirâmide etária dessa categoria profissional parece acarretar uma escassez relativa

[43] Gusso, D. A. e Nascimento, P. A. M. M. *A formação de engenheiros e pessoal técnico-científico no Brasil entre 2001 e 2012*. Brasília: Ipea, no prelo.

[44] É fato que o Enade apresenta distorções para uma análise mais precisa, pelo boicote de determinadas universidades. De qualquer maneira, tais distorções pouco incidem sobre a análise geral aqui feita.

[45] A respeito do desempenho brasileiro no Pisa entre 2000 e 2009, ver Soares e Nascimento Soares, S. S. D. e Nascimento, P. A. M. M. “Evolução do desempenho cognitivo dos jovens brasileiros no Pisa”. *Cadernos de Pesquisa*, vol. 42, nº 145, pp. 68-87, jan./abr. 2012.

de pessoal em meio de carreira, capaz de assumir posições de gerência e liderança (Gráficos 3, 4, 5 e 6).

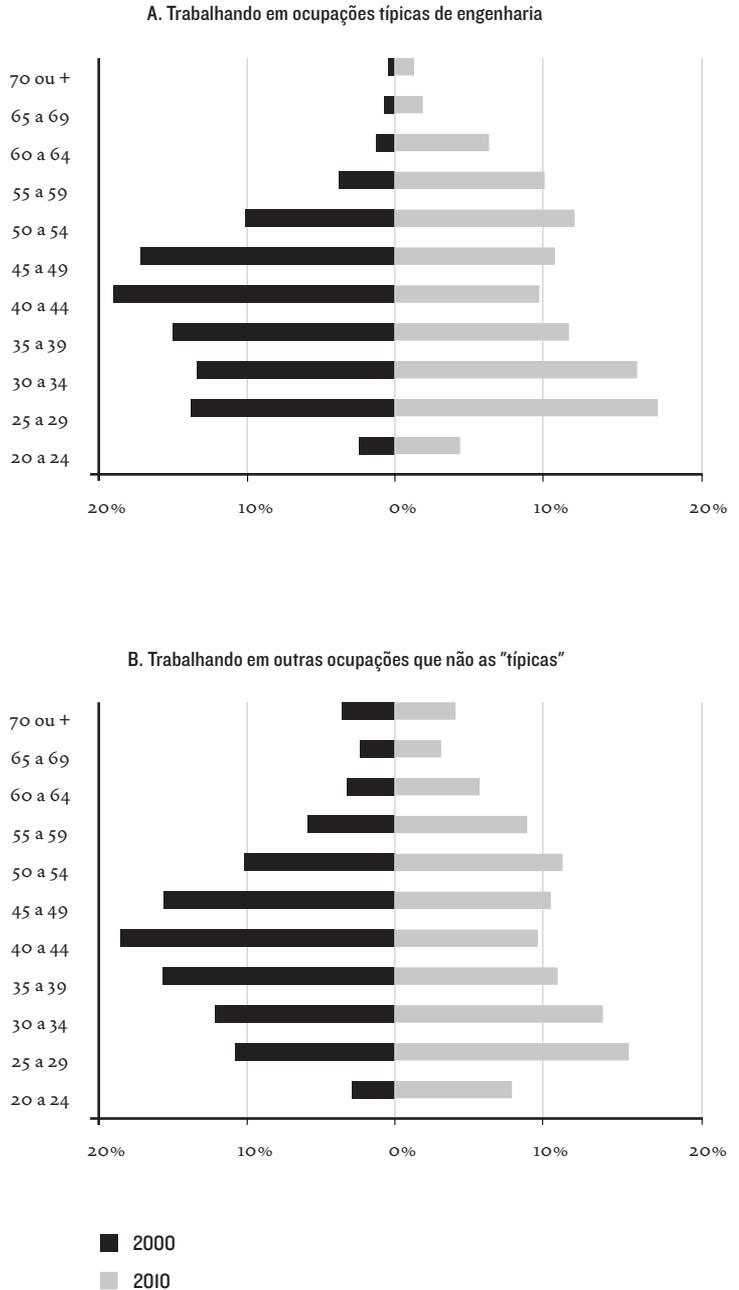
Ao longo da década de 2000, a faixa de 35 a 59 anos perdeu participação relativa na pirâmide etária, enquanto o topo e principalmente a base da pirâmide se alargaram. Como possíveis razões para isso, destaca-se a explicação do hiato geracional: como os anos 1980 e 1990 foram de crescimento econômico modesto, além da paralisação dos grandes projetos de infraestrutura, os cursos de engenharia perderam atratividade e, ainda, muitos formados provavelmente tenham se envolvido em atividades não típicas. Quando a economia passou a crescer nos anos 2000 e a demanda por engenheiros voltou a aumentar, não havia no mercado oferta suficiente de engenheiros mais experientes. Assim, o déficit de engenheiros percebido pelas empresas pode não ser exatamente um déficit de quantidade de engenheiros, e sim uma dificuldade de encontrar engenheiros mais experientes (entre 35 e 59 anos) para liderar obras e projetos.

Esse fenômeno pode ser evidenciado na comparação das pirâmides etárias entre os censos de 1970 a 2010. A vantagem de trabalhar com o Censo é que se pode observar não apenas a pirâmide etária dos engenheiros em suas ocupações típicas, mas também a pirâmide dos profissionais formados em engenharia — afinal, pelo menos em teoria, uma possível solução para esse hiato geracional poderia ser atrair os engenheiros em ocupações não típicas. O problema é que ambas as pirâmides sofreram a mesma dinâmica: aumento relativo na base e no topo, e perda relativa nas faixas intermediárias (Gráficos 3 a 6), ou seja, como mencionado, o crescimento modesto dos anos 1980 e 1990 não apenas afastou os engenheiros das ocupações típicas, como também afetou a atratividade dos cursos de engenharia como opção. No entanto, com a retomada do crescimento econômico e a expansão do ensino, a base da pirâmide etária se expandiu devido aos engenheiros mais jovens.

Sem embargo, as pirâmides etárias nos Gráficos 4 a 6 evidenciam um envelhecimento gradual tanto daqueles formados em engenharia como dos que exercem as ocupações declaradas como típicas de engenharia. Continuando uma tendência dos anos 1970, em 1980 houve o pico de formação dos engenheiros mais jovens: mais de 30% dos engenheiros em CBOs de engenharia tinham entre 25 e 29 anos. A partir daí, essa geração foi envelhecendo, e nos dois censos seguintes — 1991 e 2000 — é ela que vai continuar a ser a parcela etária mais importante da distribuição, pois não houve reposição na base. Já na década de 2000, o crescimento econômico aumentou a atratividade dos cursos de engenharia e a base voltou a crescer. Porém as faixas intermediárias entre 35 e 49, que deveriam ter se formado nas décadas de 1980 e 1990, formam atualmente um “vale” entre os maiores de 50

[46]A quantidade de pessoas que declarava possuir diploma de nível superior em algum curso de engenharia e que tinha uma ocupação era de 566 mil no Censo Demográfico de 2000 e de 930 mil no Censo Demográfico de 2010. Em 2000, 133 mil trabalhavam em ocupações típicas das engenharias (aproximadamente 23% do total com diploma na área), enquanto em 2010 eram cerca de 240 mil (26%). Esses percentuais são distintos dos apresentados por Maciente e Araujo (op.cit., 2011) e pelos mesmos autores em "A demanda por engenheiros e profissionais afins no mercado de trabalho formal" (Texto para Discussão s/n. Brasília: Ipea, no prelo), porque há diferenças entre os cursos e entre as ocupações consideradas neste e naqueles trabalhos. Aqui se buscou um recorte mais restritivo; os autores citados expandem sua análise para, além de engenheiros, incluir "profissionais afins", buscando identificar ocupações que sejam típicas de todos os cursos da grande área de engenharia, produção e construção. Ver no Apêndice deste texto a estratégia utilizada para a delimitação, nos censos demográficos de 1970 a 2010, dos cursos e das ocupações típicos das engenharias.

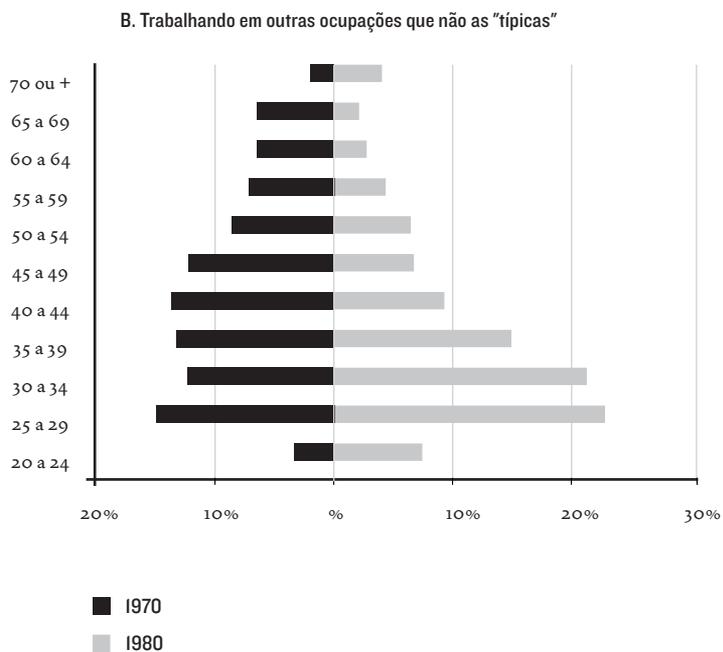
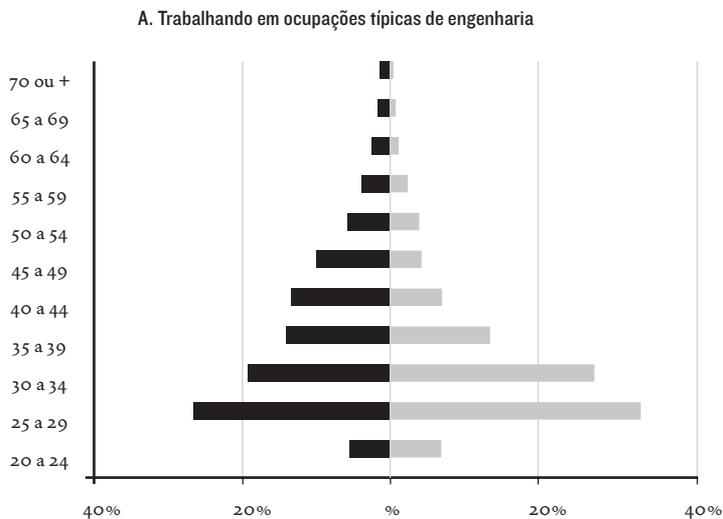
GRÁFICO 34⁶
Pirâmide etária dos engenheiros: 2000 vs. 2010



Fonte: Censos demográficos (IBGE), elaboração dos autores.

GRÁFICO 4⁴⁷

Pirâmide etária dos engenheiros: 1970 vs. 1980



■ 1970
■ 1980

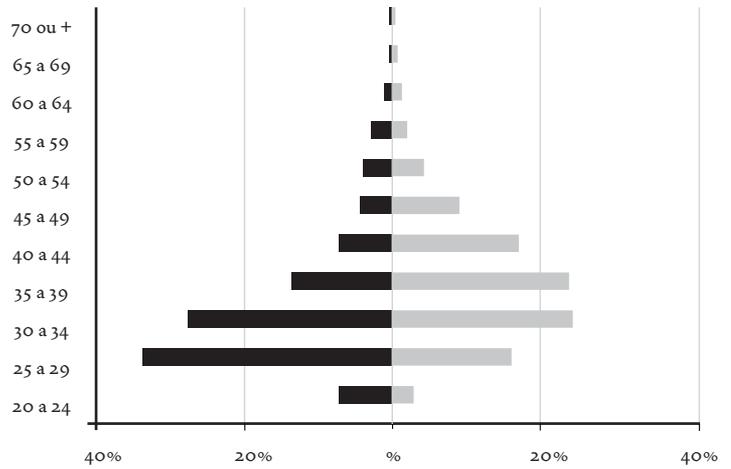
Fonte: Censos demográficos (IBGE), elaboração dos autores.

[47] Em 1970, cerca de 72 mil das pessoas que se declararam ao Censo Demográfico daquele ano como ocupadas afirmavam possuir diploma de nível superior em alguma engenharia. Dessas, 46 mil (64%) trabalhavam em ocupações típicas e 26 mil (36%) em outras ocupações que não as típicas. Em 1980, o Censo Demográfico apontava um universo de aproximadamente 131 mil pessoas com diploma em engenharia e que declaravam estar ocupadas. Trabalhavam em ocupações típicas 77 mil delas (59%), enquanto 54 mil (41%) tinham outras ocupações.

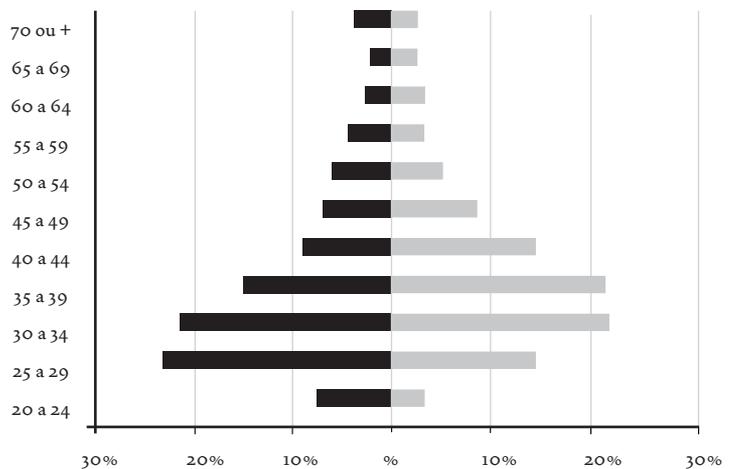
[48] Em 1980, cerca de 131 mil das pessoas que se declararam ao Censo Demográfico daquele ano como ocupadas afirmavam possuir diploma de nível superior em alguma engenharia. Dessas, 77 mil (59%) trabalhavam em ocupações típicas e 54 mil (41%) em outras ocupações que não as típicas. Em 1991, o Censo Demográfico apontava um universo de aproximadamente 380 mil pessoas com diploma em engenharia e que declaravam estar ocupadas. Trabalhavam em ocupações típicas 150 mil delas (39%), enquanto 230 mil (61%) tinham outras ocupações.

GRÁFICO 54⁸
Pirâmide etária dos engenheiros: 1980 vs. 1991

A. Trabalhando em ocupações típicas de engenharia



B. Trabalhando em outras ocupações que não as "típicas"



■ 1980
 ■ 1991

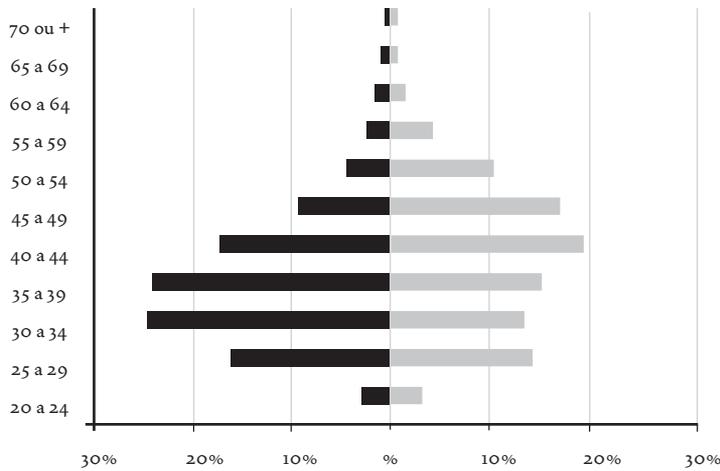
Fonte: Censos demográficos (IBGE), elaboração dos autores.

GRÁFICO 6⁴⁹

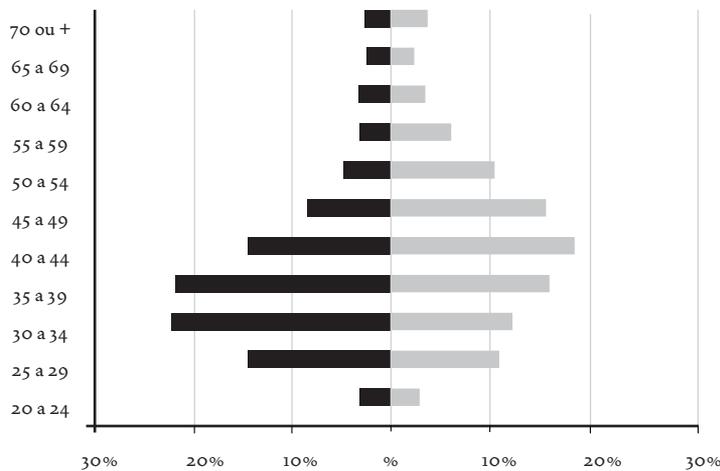
Pirâmide etária dos engenheiros: 1991 vs. 2000

[49] Em 1991, cerca de 380 mil das pessoas que se declararam ao Censo Demográfico daquele ano como ocupadas afirmavam possuir diploma de nível superior em alguma engenharia. Dessas, 150 mil (39%) trabalhavam em ocupações típicas e 230 mil (61%) em outras ocupações que não as típicas. Em 2000, 133 mil trabalhavam em ocupações típicas das engenharias (aproximadamente 23% do total com diploma na área), enquanto em 2010 eram cerca de 240 mil (26%).

A. Trabalhando em ocupações típicas de engenharia



B. Trabalhando em outras ocupações que não as "típicas"



■ 1991
■ 2000

Fonte: Censos demográficos (IBGE), elaboração dos autores.

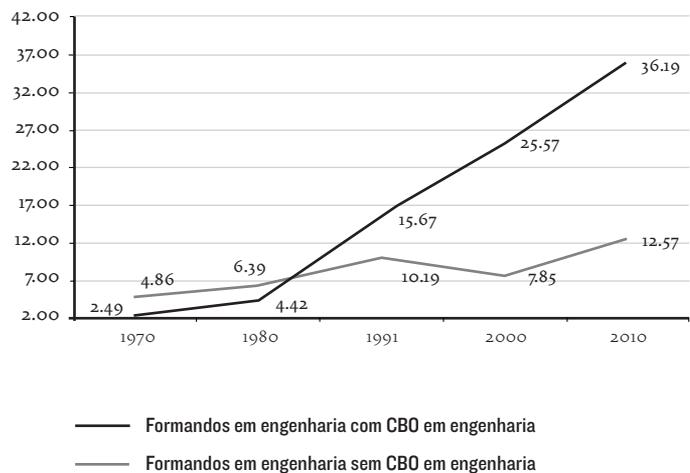
anos e menores de 35. Em um cenário de expansão da atividade produtiva, e da construção civil inclusive, a necessidade de profissionais já habituados ao ritmo e ao conhecimento do trabalho se faz essencial, assim como a capacidade de liderar e gerenciar projetos, a julgar pelos nossos entrevistados.

Outra forma de retratar a questão geracional é acompanhar a evolução dos engenheiros em ocupações típicas e não típicas ao longo do tempo, exposta no Gráfico 7.

Como se pode observar, até a década de 1980 os formados em engenharia com CBO de engenharia eram maioria. Entretanto, nos anos seguintes a proporção de formados em engenharia que possuem outras ocupações cresce vertiginosamente. Uma vez que, como observado nas pirâmides etárias, tanto aqueles com CBO típicos de engenharia como os que estão em outras ocupações possuem um mesmo comportamento, o que sinaliza certa “fuga” das ocupações mais tradicionais de engenharia. Tal fato pode refletir fatores diversos, difíceis de inferir sem uma aprofundada pesquisa de campo: a) a ampliação do escopo de atividades que um engenheiro pode desempenhar; b) decadência das atividades mais tradicionais, devido ao baixo crescimento econômico; c) crescimento da importância de serviços, grandes demandadores de engenheiros (para projeto de produtos, projeto de sistemas, planejamento etc.), que tendem a registrar engenheiros com outras denominações de CBO (analista de sistema, por exemplo).

GRÁFICO 7

Estoque de formados em engenharia por 10.000 habitantes, em ocupações típicas e não típicas



Fonte: Censos demográficos (IBGE), elaboração própria.

A terceira dimensão diz respeito ao recorte das especialidades. Todas as evidências até agora se referiram ao total de engenheiros, sem levar em conta as habilidades específicas. Pompermayer e outros⁵⁰ indicam que há carências em especialidades como engenharia naval e de petróleo e minas, por exemplo. Por outro lado, em setores como o aeronáutico não parece haver problemas generalizados, uma vez que a Embraer mantém curso de especialização que atrai bons engenheiros recém-formados de todo o Brasil, além de atender à demanda de engenheiros da empresa, conforme entrevista com responsáveis por RH, manufatura e desenvolvimento tecnológico da empresa.

A quarta dimensão é regional. A concentração regional de formandos em engenharia é tradicional e reflete a distribuição dos bons cursos pelo país. Historicamente, muitos estudantes se mudam para estudar nas universidades, centros universitários e faculdades consideradas melhores por algum critério. Também é natural a concentração regional do emprego em engenharia nas áreas mais densamente industrializadas e, mais recentemente, nas áreas de exploração de petróleo e gás. Em teoria, a migração poderia resolver o problema, mas é de se esperar que o ajuste do mercado de trabalho via migração demore um pouco para ocorrer. Enquanto esse ajuste não ocorre, alguns desequilíbrios podem acontecer.

Sobre esse ponto, Nascimento⁵¹ repetiu a análise de taxas de rotatividade e diferença de salário entre desligados e admitidos para oito regiões metropolitanas, desta vez utilizando ocupações relacionadas aos fatores engenharia e design⁵². Por exemplo, esse autor reporta que na Região Metropolitana do Recife a partir do primeiro trimestre de 2010 os salários dos admitidos chegaram a superar, em alguns dos meses, aqueles dos desligados, com elevação da taxa de rotatividade. Esse resultado pode indicar alguma escassez de profissionais naquela região, ainda que o mesmo autor, em outro artigo⁵³, não tenha reportado tal escassez para o país como um todo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, este artigo demonstrou que não há um risco de “apagão” generalizado de mão de obra de engenharia no Brasil, ainda que se reconheçam alguns sinais de pressões de curto prazo no mercado de trabalho. Em termos quantitativos, essas pressões tendem a ser resolvidas com a ampliação da oferta dos novos engenheiros, uma vez que os cursos de engenharia voltaram a atrair os alunos. Porém no artigo também se apontaram quatro dimensões que podem explicar a percepção de alguns agentes econômicos sobre escassez de mão de obra em engenharia: (i) qualidade dos engenheiros forma-

[50] Op. cit., 2011.

[51] Nascimento, P. A. M. M. “Demanda por trabalho qualificado em design e engenharia nas oito maiores regiões metropolitanas do Brasil”. *Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior*, n.º 23, dez. 2012, pp. 37-56, Ipea.

[52] O conceito de ocupações relacionadas a competências é uma correspondência entre a Classificação Brasileira de Ocupações e a competências cognitivas específicas, desenvolvida em Maciente (2012, 2013).

[53] Nascimento, op. cit., 2011.

dos, uma vez que a evolução na quantidade não foi acompanhada pela mesma evolução na qualidade; (ii) hiato geracional, o que dificulta a contratação de profissionais experientes para liderar projetos e obras; (iii) déficits em competências específicas; (iv) déficits em algumas regiões.

Queremos, contudo, deixar claro que a não existência de gargalos não significa absolutamente que não haja necessidade de aumentar os investimentos na ampliação e na melhoria de qualidade do ensino de engenharia. Como mostramos no início do texto, a engenharia está intimamente ligada ao desenvolvimento econômico e à inovação e o Brasil apresenta baixo índice de engenheiros por habitante ou por formados no ensino superior. Ademais, a formação em engenharia capacita a pessoa a inúmeras atividades, dentro ou fora daquelas chamadas típicas. Ao contrário do que alguns dizem, não consideramos problema haver engenheiros trabalhando em bancos, em empresas de serviço, de consultoria, na produção de pesquisas e textos sobre engenheiros etc.: o problema maior é não ter engenheiros e ter uma economia que pouco necessite deles.

APÊNDICE

Classificações usadas para compor as ocupações típicas de engenharia e os cursos considerados como de engenharia

Este trabalho usa dados dos censos demográficos de 1970 a 2010 para as principais análises que faz sobre cursos e ocupações das engenharias. Este Apêndice visa esclarecer as variáveis dos censos demográficos efetivamente utilizadas. No censo de 1970 usamos a variável “Espécie de Curso Concluído”, havendo ali a categoria “Engenharia”. No caso das ocupações típicas, há a variável “Ocupação Principal”, contando com a categoria “Engenheiros”. No censo de 1980, para a ocupação, temos uma variável com o mesmo nome e categoria do censo anterior. No caso dos cursos de engenharia, há duas categorias: “Engenharia” e “Eletricidade”. No censo de 1991 a ocupação era definida somente com a categoria “Engenheiros”. Para os cursos, foram prospectados todos os que traziam em suas denominações o termo “Engenharia”, mesma estratégia usada para o ano de 2000. Para 2010, foram filtrados, dentro dos cursos da área de engenharia, produção e construção, os que seriam mais atinentes às engenharias. As ocupações consideradas típicas em 2000 e em 2010 estão enumeradas na Tabela 5. Já a Tabela 4 traz os cursos de engenharia prospectados nos censos demográficos de 1991, 2000 e 2010. Para cursos e ocupações dos anos não enumerados nas Tabelas 4 e 5, ver as observações dos parágrafos anteriores deste Apêndice.

TABELA 4

Cursos considerados de engenharia nos censos demográficos de 1991, 2000 e 2010

1991	2000	2010
Engenharia Civil	Engenharia Civil	Engenharia e Profissões de Engenharia
Engenharia Elétrica e Eletrônica	Engenharia Elétrica e Eletrônica	Engenharia Mecânica e Metalúrgica
Engenharia Mecânica	Engenharia Mecânica	Eletricidade e Energia
Engenharia Química e Química Industrial	Engenharia Química e Industrial	Eletrônica e Automação
Engenharia não classificada ou mal definida	Outros Cursos de Engenharia	Química e Engenharia de Processos
Mestrado ou Doutorado – Engenharia		Veículos Motor, Construção Naval e Aeronáutica
		Fabricação e Processamento
		Mineração e Extração
		Engenharia Civil e de Construção
		Engenharia Florestal — Silvicultura
		Materiais

TABELA 5

Ocupações usadas dos censos demográficos de 2000 e de 2010

2000	2010
Profissionais da Bioengenharia, Biotecnologia e Engenharia Genética	Engenheiros Industriais e de Produção
Engenheiros Mecatrônicos	Engenheiros Civis
Engenheiros em Computação	Engenheiros de Meio Ambiente
Engenheiros de Materiais	Engenheiros Mecânicos
Engenheiros Civis e afins	Engenheiros Químicos
Engenheiros Eletroeletrônicos e afins	Engenheiros de Minas, Metalúrgicos e afins
Engenheiros Mecânicos	Engenheiros não classificados anteriormente
Engenheiros Químicos	Engenheiros Eletricistas
Engenheiros de Minas	Engenheiros Eletrônicos
Engenheiros Agrimensores e de Cartografia	Engenheiros em Telecomunicações
Outros Engenheiros, Arquitetos e afins	

Recebido para publicação
em 4 de novembro de 2013.

NOVOS ESTUDOS

CEBRAP

98, março 2014

pp. 43-67

MARIO SERGIO SALERNO é professor do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP e coordenador do Observatório da Inovação e Competitividade do Instituto de Estudos Avançados da USP.

LEONARDO MELO LINS é pesquisador do Observatório da Inovação e Competitividade do Instituto de Estudos Avançados da USP e doutorando em sociologia na FFLCH-USP.

BRUNO CÉSAR ARAÚJO é pesquisador do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), do Observatório da Inovação e Competitividade do Instituto de Estudos Avançados da USP, e doutorando em Engenharia de Produção na Poli-USP.

LEONARDO AUGUSTO VASCONCELOS GOMES é pesquisador do Observatório da Inovação e Competitividade do Instituto de Estudos Avançados da USP e doutor em Engenharia de Produção na Poli-USP.

DEMÉTRIO TOLEDO é doutor em sociologia pela FFLCH-USP.

PAULO A. MEYER M. NASCIMENTO é pesquisador do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) e doutorando em Economia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA).