

## Escassez de engenheiros: realmente um risco?\*

Paulo A. Meyer M. Nascimento

Divonzir Arthur Gusso

Aguinaldo Nogueira Maciente

Thiago Costa Araújo

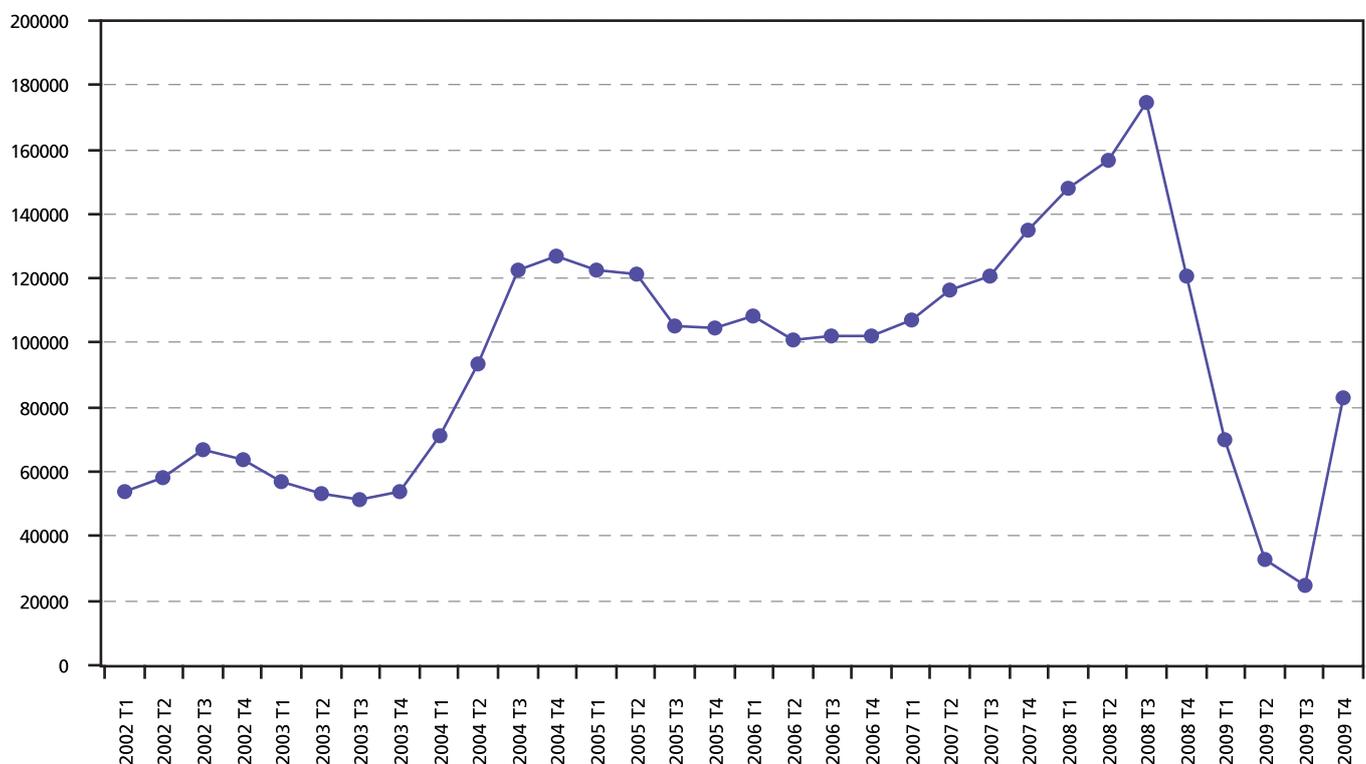
Alex Pena Tosta da Silva

### 1 Introdução

As preocupações recentes com uma virtual ameaça ao crescimento econômico, derivada de escassez de mão de obra especializada, têm merecido ampla divulgação. Não obstante serem manifestadas por atores responsáveis e autorizados, correm o risco de fundar-se numa observação menos detida dos dados recentes e das perspectivas de evolução do emprego no país; ou, ainda, tendem a generalizar situações muito específicas que são objeto de justos reclamos de determinados setores empresariais.

Observando-se com mais cuidado as trajetórias recentes das estruturas de produção e emprego, constata-se, com efeito, que, após um período bastante longo de expansão modesta – com repiques nas taxas de desemprego e informalidade –, a economia brasileira parece ter adquirido alguma vitalidade no quesito geração de empregos. O indicador mensal do saldo entre admissões e demissões dos assalariados manteve uma cadência acelerada entre meados de 2005 e as vésperas da crise de setembro de 2008, com cerca de 2% de incremento mensal; no entanto, após a crise, não conseguiu recuperar sequer os níveis experimentados em 2004 (gráfico 1).

Gráfico 1. Geração líquida de empregos formais totais (2002 – 2009)  
(Por trimestre)



Fonte: CAGED/MTE.

\* Os autores agradecem as sugestões dos colegas do Ipea com os quais discutiram o texto em seminário interno, e a cooperação de Juliana Abreu Rodrigues.

Na dimensão estrutural, a retomada consistente do ritmo de crescimento econômico desde o início da década – em especial quando os investimentos mostraram maior dinamismo – vinha desenhando novos patamares na evolução do nível geral de emprego.<sup>1</sup> Vislumbrava-se uma progressiva elevação das taxas de atividade acompanhada de níveis de ocupação também crescentes. Isto pode ser verificado por meio da evolução de dois indicadores: de um lado, a proporção de pessoas dispostas a obter emprego cresceu 3,2% ao ano (a.a.) entre 2002 e 2005 e 1,2% no triênio seguinte; de outro, os níveis de ocupação também aumentaram, no mesmo ritmo de 3,2% a.a. entre 2002 e 2005 – em si muito alto –, e no patamar de 2,0% entre 2006 e 2008. Isto significa que a demanda superou o aumento de oferta de mão de obra no mercado. Além disso, expandiram-se os empregos de melhor qualidade e reduziu-se a informalidade.<sup>2</sup>

Nesse cenário, o grupo de 25 a 59 anos, que é o estrato com mais alta taxa de participação, apresenta uma particularidade: seus níveis de incorporação ao mercado são mais intensos ao longo da década. E isto vem acompanhado de outra característica: os grupos mais jovens estão chegando ao mercado de trabalho com escolaridade mais elevada.

Em decorrência, já se observa uma tendência de substituição de força de trabalho com níveis elementares de instrução por jovens mais escolarizados. De fato, a oferta e o emprego do grupamento de pessoas com mais de 11 anos de escolarização (com ensino médio completo ou graduação superior) aumentaram de modo mais célere do que os demais.

Esse movimento pode ser explicado, entre outros fatores, pela grande expansão do ensino médio público ocorrida na segunda metade dos anos 1990. Tal expansão veio a alimentar, mais tarde, um intenso crescimento da oferta de cursos superiores, mormente no setor privado e em cursos e habilitações menos complexos.

O aumento da escolaridade da população empregada também está relacionado a mudanças em curso no aparato econômico do país. Chama atenção a

contínua queda dos volumes de mão de obra na agropecuária, exatamente quando boa parte deste setor atinge maior avanço tecnológico e maior destaque nos mercados interno e de exportação.

O emprego industrial, que se retraía fortemente ao longo dos anos 1990, volta a crescer significativamente no período de aceleração dos investimentos e dos níveis de produção. Contudo, mostra que já não terá o mesmo destaque do passado.

Assim como em outras partes do mundo, portanto, a economia se expande mais no setor terciário – em especial no comércio, nos serviços de infraestrutura e de apoio às demais atividades econômicas, e nas atividades de atenção às pessoas (educação, saúde, lazer etc.).

Em meio a tantas variações e novidades – e diante das diferenças em relação aos anos 1980 e 1990 –, não surpreende que muita gente comece a acreditar em um eventual “apagão de mão de obra qualificada” no caso de a economia crescer a taxas mais altas e, em especial, se elas se acelerarem devido a mais intensas mudanças tecnológicas que se vislumbram em alguns setores, como aqueles afetados pela exploração do pré-sal.

E é preciso assinalar também que, ao se levantar tal questão, o debate costuma sofrer certo reducionismo, concentrando-se principalmente sobre uma virtual escassez de pessoal de engenharia, de tecnologia da informação e da comunicação, assim como de outras ocupações de cunho técnico mais especializado.

## **2 Projeções iniciais de requerimento técnico de engenheiros na economia brasileira**

Tendo isso em conta, para dar início à pesquisa mais ampla – que inclui analisar tanto a situação dos profissionais de nível superior como os de nível técnico –, optou-se por fazer aqui um pequeno ensaio sobre a evolução do emprego de engenheiros nos últimos anos no Brasil e as perspectivas para os anos futuros, dado que os cenários mais alarmantes costumam colocar o engenheiro como figura central.<sup>3</sup>

1. Isto é evidenciado pela comparação, em períodos mais longos, dos dados anuais obtidos por meio da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (PNAD/IBGE).

2. Deste evento há evidência tanto na PNAD quanto na Pesquisa Mensal de Emprego (PME/IBGE) realizada em seis regiões metropolitanas.

3. Aqui se tem oportunidade de explorar algumas visões e hipóteses de trabalho e as implicações metodológicas e técnicas que elas acarretam, para seguir um caminho mais seguro no prosseguimento deste projeto de pesquisa.

O primeiro passo foi verificar o *requerimento técnico por engenheiros*<sup>4,5</sup> para a formação do produto interno bruto (PIB) entre 2003 e 2008,<sup>6</sup> por meio da comparação entre a evolução do número de engenheiros e a evolução do PIB no período. Em seguida, por intermédio de uma regressão logarítmica entre emprego de engenheiros e PIB, foram projetadas as quantidades de engenheiros potencialmente requeridos a cada ano entre 2009<sup>7</sup> até 2022.<sup>8</sup>

As projeções foram feitas para três cenários distintos de crescimento médio anual do PIB: aquele em que se repete um ritmo modesto de 3% a.a.; outro em que este ritmo vai a 5%, como se tem anunciado para o futuro próximo; e, eventualmente, para um cenário “otimista”, caso o Brasil chegasse a uma aceleração econômica virtuosa de 7% anuais por um longo período. A relação entre o crescimento médio anual do PIB e a contratação de engenheiros foi delimitada pela

seguinte equação:

$$\ln(\text{ENGE}_t) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(\text{PIB}_t) + \varepsilon_t$$

onde  $t$  é o ano a ser projetado.

Convém reiterar, antes de se proceder à análise dos resultados encontrados (tabela 2), que se está adotando uma cautela necessária: *as projeções levam em conta apenas pessoas empregadas em ocupações identificadas como próprias de engenheiros, arquitetos e outros profissionais correlatos*. Este procedimento tem duas implicações: *i)* há muitos diplomados em engenharias exercendo várias outras ocupações em distintos setores que não são identificados na Rais e, portanto, não foram incluídos no grupo em análise; e *ii)* profissionais com diploma de nível superior em outras áreas que porventura tenham sido classificados pelos empregadores como pertencendo ao grupo em análise foram incluídos nos números da tabela 1.

**Tabela 1. Requerimento técnico por engenheiros, arquitetos e profissionais correlatos no Brasil (2003 – 2008)**

Engenheiros e profissões correlatas	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	139.617	148.791	161.551	174.183	188.564	211.713

Fonte: Elaboração dos autores com base nos dados da Rais/MTE.

Nota: Profissionais classificados nas CBOs 201, 202, 203, 214 e 234.

Para um crescimento real acumulado do PIB de 26,5% no período,<sup>9</sup> a ocupação desses profissionais aumentou em 51,6%, um possível indicativo de tratar-se de uma categoria fortemente demandada em períodos de maior crescimento da economia.

A tabela 2 projeta a evolução desse quadro, com base nos resultados do período recente, para aqueles cenários de crescimento médio do PIB aqui descritos.

**Tabela 2. Projeções para o requerimento técnico por engenheiros, arquitetos e profissionais correlatos no Brasil (2009 – 2022)**

Cenários	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
3% a.a.	223.898	239.303	255.768	273.365	292.173	312.276	333.761
5% a.a.	228.537	249.322	271.997	296.734	323.721	353.163	385.282
7% a.a.	236.361	266.686	300.901	339.505	383.062	432.208	487.659
Cenários	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
3% a.a.	356.725	381.269	407.501	435.538	465.504	497.532	531.764
5% a.a.	420.322	458.549	500.253	545.749	595.383	649.531	708.604
7% a.a.	550.224	620.816	700.465	790.332	891.729	1.006.135	1.135.218

Fonte: Elaboração dos autores.

4. Interpretado como a quantidade de profissionais com esta competência profissional requerida tecnicamente para atender a um determinado nível de produção. Difere, pois, do conceito de demanda, que se refere à quantidade de profissionais que seriam empregados a um determinado nível de salários.

5. O dado de emprego foi obtido a partir da Relação Anual de Informações Sociais fornecida pelo Ministério do Trabalho e Emprego (Rais/MTE). Refere-se às pessoas nas ocupações de engenheiro *stricto sensu* – designadas pelos códigos 201, 202, 203, 214 e 234 da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), que dizem respeito a engenheiros, arquitetos e afins (CBO 214) –, bem como a profissionais de áreas correlatas identificados dentro das CBOs 201, 202, 203 e 234 – relacionadas a eletromecânica, biotecnologia, metrologia, pesquisas em engenharias e tecnologia e docência em engenharia, geofísica, geologia e arquitetura e urbanismo. Para efeito de exposição, sempre que aqui se fizer referência a “engenheiros”, estarão incluídos todos estes profissionais.

6. Foi considerado esse período por se trabalhar neste texto com a CBO, a qual foi alterada significativamente no ano de 2002.

7. Primeiro ano para o qual ainda não há o dado concreto.

8. Ano do bicentenário da República.

9. Cálculos do Ipea a partir do PIB deflacionado.

Assim, em um cenário de crescimento médio do PIB de 3% ao ano, o emprego de engenheiros crescerá algo em torno de 7% a.a. Se elevado o ritmo para 5% a.a., o crescimento no emprego destes profissionais alcançará os 9% anuais; e, por fim, no cenário mais otimista, crescerá próximo a 13% a.a., em média.

Volta-se a ressaltar que esses resultados referem-se a um exercício preliminar, em que a evolução futura da economia refletiria a estrutura produtiva vigente. Certamente ritmos mais intensos de crescimento associam-se a mudanças no peso dos diferentes setores de atividade na economia e podem levar a resultados diversos dos estimados. Por exemplo, é possível que a exploração da camada de pré-sal redefina o peso do setor de petróleo e gás e de seus fornecedores situados

a montante e jusante desta cadeia produtiva, pressionando para cima a demanda por profissionais especializados, tais como engenheiros. Além disso, mudanças tecnológicas certamente afetam o requerimento técnico em setores específicos.

### 3 Projeções iniciais para a formação de novos engenheiros no Brasil

Para avaliar uma possível carência de engenheiros e profissionais de áreas correlatas, o requerimento técnico aqui exposto pode ser contrastado com projeções para a oferta futura de profissionais formados nestas áreas. A tabela 3 traz a evolução do número de concluintes em engenharia<sup>10</sup> entre 1999 e 2008.

**Tabela 3. Número de concluintes em cursos de engenharia, produção e construção no Brasil (1999 – 2008)**

	1999	2000	2001	2002	2003
Engenharia, produção e construção	22.873	24.165	25.310	28.024	30.456
	2004	2005	2006	2007	2008
	33.148	36.918	41.491	47.016	47.098

Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados do Censo da Educação Superior.

A partir dos dados da tabela 3, a tendência verificada para o número de concluintes em engenharia no período 1999-2008 foi extrapolada,

por meio de uma regressão, para o período 2009-2022, gerando os números apresentados na tabela 4.

**Tabela 4. Projeção do número de concluintes em cursos de engenharia, produção e construção no Brasil (2009 – 2022)**

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Engenharia, produção e construção	49.915	52.873	55.831	58.789	61.747	64.706	67.664
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	70.622	73.580	76.538	79.496	82.454	85.413	88.371

Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados do Censo da Educação Superior.

Note-se que estes números referem-se ao *fluxo* de conclusões de curso e, pois, de entrada anual de novos engenheiros na disponibilidade com que o país conta. Entretanto, o que aqui interessa é o estoque disponível em determinados anos, para aferir se atende àqueles requerimentos técnicos da economia.

Para dimensioná-lo, partiu-se do estoque de engenheiros registrado pelo Censo Demográfico de 2000: havia então 527,7 mil pessoas com graduação em engenharias. Certamente, de 2000 para 2008 uma parte

deste contingente faleceu ou aposentou-se; ao mesmo tempo, uma parte proporcionalmente menor daqueles que concluíram os cursos poderá ter também falecido. Verifica-se, então, que o estoque de graduados em engenharia, em 2008<sup>11</sup> terá chegado a aproximadamente 750 mil profissionais.

Tomando esse estoque como base da projeção, calcula-se que a disponibilidade de engenheiros em 2015 alcançará a cifra de 1,1 milhão de diplomados; e, mantidas as mesmas estruturas de formação, elevar-se-ia

10. Para efeito de exposição, chama-se neste texto genericamente de *engenharia* as áreas de formação definidas pelo Censo da Educação Superior como pertencentes ao grupo *Engenharia, Produção e Construção* – categoria que inclui todas as habilitações das engenharias, além de arquitetura e áreas de ensino superior correlatas.

11. Último ano para o qual há dados reais simultâneos sobre conclusões de cursos e emprego de engenheiros.

para 1,56 milhão de profissionais nestas áreas de formação, trabalhando nas mais variadas ocupações.

#### 4 Cruzando o lado da demanda com o lado da oferta

Constata-se, à primeira vista, que as disponibilidades de graduados em engenharia – e, por extensão, a de graduados e pós-graduados – naquele futuro projetado seriam suficientes para enfrentar as demandas aqui dimensionadas.

No entanto, nem todos os diplomados em engenharia vêm a ocupar no mercado de trabalho funções típicas da profissão – isto é, nem todos seguem carreira nas ocupações consideradas na seção 2 deste texto. Muitos deles deslocam-se para outras ocupações, em setores os mais diversos, como finanças, administração pública, docência etc. Além disso, há certamente diplomados desempregados, empresários, trabalhadores por conta própria, emigrantes, ou mesmo aqueles fora da força de trabalho.

Verifica-se que a razão entre o estoque de pessoas formadas nas áreas de engenharia, produção e construção (750 mil pessoas em 2008) e o estoque de empregos formais nas ocupações típicas destes profissionais (211,7 mil em 2008) é de aproximadamente 3,5. Este número pode ser traduzido mais coloquialmente da seguinte forma: para cada dois graduados em engenharia<sup>12</sup> trabalhando atualmente com carteira assinada em ocupações típicas de sua formação, há outros cinco em uma das seguintes situações: exercem outras ocupações;

estão desempregados; exercem atividades como profissionais não assalariados; emigraram para outros países; ou estão simplesmente fora do mercado de trabalho.

Vale aqui reiterar que a tabela 2 inclui apenas o contingente de profissionais dessas áreas trabalhando nas ocupações que lhes seriam típicas. Para evitar uma possível subestimação da demanda global por pessoas com as competências usuais dos engenheiros, ou otimismo exagerado com a capacidade de formação destes profissionais, leva-se em conta o fato de que pessoas formadas em engenharia são também demandadas nos mais diversos setores para outras ocupações.

Assim, é razoável supor que o contingente de 750 mil engenheiros hoje disponíveis no mercado de trabalho reflita, em boa medida, essa demanda mais abrangente ou “demanda total” por pessoas com tais competências. Ou seja, deve-se admitir que sempre haverá um estoque maior de engenheiros formados do que de trabalhadores cuja ocupação seja típica de engenheiro, justamente para atender a demandas em outros segmentos da estrutura de emprego.

Assumindo isto, foram projetados diferentes cenários, nos quais é variada a razão entre o estoque total de pessoas formadas nas áreas em estudo e o requerimento técnico total. A tabela 5 traz esses números e destaca a razão que iguala a oferta de e a demanda por esses profissionais em cada cenário de crescimento da economia (ver, em grifo, o crescimento-limite do requerimento técnico para cada cenário).

Tabela 5. Cenários de crescimento da economia e de oferta e demanda totais (de engenheiros)

	2015			2022		
Disponibilidade (oferta)	1.099.239			1.565.426		
Multiplicador do req. téc.	3,5	3,0	2,5	3,5	3,0	2,0
Taxa média de crescimento						
3% a.a.	1.168.164	1.001.283	834.403	1.861.174	1.595.292	1.063.528
5% a.a.	1.348.487	1.155.846	963.205	2.480.114	2.125.812	1.417.208
7% a.a.	1.706.807	1.462.977	1.219.148	3.973.263	3.405.654	2.270.436

Fonte: Elaboração dos autores.

A questão que se coloca, portanto, é: *seriam esses estoques projetados suficientes para atender à “demanda total”, dado cada patamar da razão entre disponibilidades futuras e requerimento técnico total projetado?*

A se manter o nível atual de 3,5, o estoque projetado não será suficiente, qualquer que seja o cenário. Se ele se reduz a 3,0, atende a tais requerimentos apenas no cenário mais conservador até 2015,

12. Estenda-se a interpretação aos arquitetos e profissionais de áreas correlatas.

porém se torna insuficiente mais adiante para qualquer cenário. Na hipótese de desvio de 2,5 – ou seja três graduados em outros grupos ocupacionais para cada dois graduados no grupo “engenheiros” –, o estoque projetado já atenderia aos cenários com 3% e 5%, pelo menos em 2015.

Já para 2022, esse estoque só seria suficiente caso a razão venha a se reduzir para 2,0; mesmo assim, permitiria taxas de crescimento de, no máximo, 5% a.a. no período. Para que se chegasse a 2022 com taxas de crescimento do PIB consistentemente em patamares de 7% a.a., seria necessário um ritmo mais intenso de formação de engenheiros. Ainda que se possa imaginar uma tendência natural de queda em períodos de crescimento mais acelerado, chegar em 2022 com a referida razão em torno de 2,0 seria uma hipótese provavelmente bastante otimista.

Portanto, qualquer aceleração de crescimento econômico poderá gerar déficit de oferta de engenheiros caso se mantenham os atuais padrões de distribuição dos graduados fora do grupo “engenheiros”, tal como aqui delimitado.

## 5 Implicações e pistas para novas análises

Os resultados aqui apresentados são ainda iniciais e sua interpretação deve ser feita com cautela. Por um lado, o atual ritmo de formação de engenheiros seria, à primeira vista, suficiente para suprir o requerimento técnico que se projeta para as ocupações típicas desta área. Por outro, o fato de estes graduados serem também demandados em outras ocupações sugere que este equilíbrio entre oferta e demanda seja potencialmente frágil, sobretudo para cenários de maior crescimento da economia.

Tal equilíbrio dependerá, além do ritmo de formação, da atratividade que as ocupações típicas teriam relativamente àquelas que, a despeito de poderem ser

exercidas por outros profissionais, são também acessíveis a engenheiros. Assim, uma questão a ser explorada daqui para frente será a atratividade de ocupações normalmente apontadas como cruciais ao desenvolvimento do país.

Outra questão por investigar é a da qualidade da formação. Em suas configurações atuais, o sistema educacional brasileiro tem se mostrado não apenas ágil, mas também bastante adaptativo. Porém, as deficiências de qualidade na educação básica impõem obstáculos importantes ao sucesso desta formação. Ademais, torna-se difícil ampliar a capacidade de formação de engenheiros enquanto os concluintes do ensino médio apresentarem baixa proficiência em matemática e ciências.

Outra ressalva é que as projeções referem-se ao emprego em geral. Há segmentos específicos do mercado em que poderá haver maior ou menor escassez de profissionais especializados. Por isso, uma maior desagregação dos dados será necessária nas etapas seguintes desta pesquisa. Só assim será possível identificar ocupações e níveis de especialização cuja relevância para certos setores requeira um maior esforço de formação.

Isso vale ainda mais para os segmentos que se destaquem na futura dinâmica de crescimento – tal como a exploração do pré-sal.

Por último, sempre há uma forte correlação entre as trajetórias do emprego de engenheiros e as de outras categorias de trabalhadores qualificados, pelo menos na indústria e nos serviços a ela vinculados. É propósito do projeto de pesquisa do Ipea aprofundar-se nesta questão. Não obstante, as tendências observadas neste estudo sobre engenheiros podem, em algum grau, repetir-se para várias outras categorias de trabalhadores especializados.