

O ENGENHEIRO NO CONTEXTO DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Lucas Colzani – colz.lucas@gmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica
Campus Reitor João David Ferreira Lima, s/n – Trindade
88040-900 - Florianópolis – Santa Catarina

Luiz G. E. Giancesini – luizgiancesini@gmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica
Campus Reitor João David Ferreira Lima, s/n – Trindade
88040-900 - Florianópolis – Santa Catarina

***Resumo:** Ao longo dos anos e através das mudanças provocadas pelas Revoluções Industriais, percebe-se que houve uma mudança nas competências esperadas do engenheiro quando da sua inserção no mercado de trabalho. Ou seja, as características esperadas de um profissional da área de engenharia ao final da graduação sofreram modificações em decorrência do surgimento de novas tecnologias e da maior complexidade das inter-relações sociais. Hoje, fala-se já em uma Quarta Revolução Industrial, a qual expande o conceito de automação industrial e da relação entre as pessoas e o processo produtivo, principalmente no que tange ao trabalho desempenhado por engenheiros até então. Logo, ao se observar sob a ótica da universidade, percebe-se que, ao passo que essa se posiciona como elemento-chave no desenvolvimento tecnológico e social, através da pesquisa, extensão e grupos de capacitação, os estudantes de engenharia necessitam se capacitar e desenvolver competências para se inserirem nesse mesmo mercado de trabalho que eles contribuíram para desenvolver enquanto estudantes. Dessa forma, este trabalho se propõe a discutir, analisar e tangibilizar conclusões acerca das relações entre universidade, mercado de trabalho e desenvolvimento tecnológico, com enfoque nas competências que são esperadas de um engenheiro no momento da sua entrada no mercado de trabalho.*

***Palavras-chave:** Quarta Revolução Industrial, Competências do engenheiro, Relação universidade – mercado de trabalho*

1 CONTEXTUALIZAÇÃO ACERCA DAS COMPETÊNCIAS

Os seres humanos atuais são denominados taxonomicamente como *Homo sapiens sapiens*. Cronologicamente, as primeiras evidências de tal subespécie do *Homo sapiens* datam de, aproximadamente, 40 mil anos atrás. O significado do nome dado a essa subespécie é “homem que sabe o que sabe”, o que faz referência à principal característica desses seres: o pensamento.

Assim, há dezenas de milhares de anos, os seres humanos modernos possuem estruturas cerebrais mais complexas em relação a seus ancestrais, possibilitando o maior desenvolvimento de capacidades cognitivas, como o raciocínio, linguagem, resolução de problemas e introspecção (BEZERRA, 2015).

Em outras palavras, caso um indivíduo nascido há 40 mil anos fosse trazido para o presente ainda recém-nascido, seu corpo, com enfoque ao seu cérebro, estaria apto a se adaptar ao mundo atual e desenvolver as habilidades necessárias para se graduar em engenharia.

Dessa forma, quando se fala em desenvolvimento de novas competências necessárias ao engenheiro quando da sua inserção no mercado de trabalho, o foco não é na sua capacidade cognitiva, mas sim nas habilidades requeridas pelos empregadores. Essas, sim, se modificam ao longo dos anos.

Caso uma definição para o termo *competência* fosse buscado, diversas fontes poderiam defini-lo de diferentes maneiras. Numa perspectiva da gestão em RH, competência é composta por:

1. Saber conceitualmente (qualificação): conhecimento;
2. Saber fazer (experiência funcional): habilidade;
3. Saber agir (capacidade de obter resultados): atitude.

[...] Competência é a qualidade de ser adequado e bem qualificado física e/ou intelectualmente frente a desafios. É a capacidade de tomar decisões bem informadas e coerentes. Contempla grupos de habilidades, atitudes e conhecimentos necessários para a realização eficaz de tarefas. Refere-se a ações e comportamentos identificados pelas lideranças como efetivas contribuições na implementação da mudança; estes comportamentos são necessários para um desempenho satisfatório ou excelente em qualquer desafio profissional (HILSDORF, 2012).

Sob outro ponto de vista, competência pode ser definida como:

1. Aptidão que um indivíduo tem de opinar sobre um assunto e sobre o qual é versado;
2. Conjunto de conhecimentos;
3. Indivíduo com profundo conhecimento de determinado assunto (MICHAELIS, 201-?).

Sendo assim, destaca-se que a abordagem adotada no decorrer deste artigo está de acordo com o que foi exposto acima, ou seja, buscar-se-á analisar os conhecimentos e as habilidades que o mercado de trabalho espera de um engenheiro recém-formado. Como comentado acima, tais competências se modificam com o passar das gerações; porém, não somente com as gerações, mas também com a localidade e o contexto nos quais se está observando. Expandindo essa linha de raciocínio, as competências de um engenheiro podem ser vistas como características sociais específicas, já que mercado de trabalho e universidade compõem a sociedade. Assim, pode-se observar que, da mesma forma que correntes ideológicas e culturas, por exemplo, variam de acordo com o período, localização e contexto, as competências de um engenheiro se modificam à medida que novas tecnologias, correntes de pensamento, desenvolvimento econômico da região, entre outros, se alteram.

Portanto, o presente artigo tem como foco analisar as novas competências necessárias a um engenheiro decorrentes da Quarta Revolução Industrial, a qual está modificando não só os processos produtivos, mas também as relações interpessoais e homem-máquina.

2 HISTÓRICO DAS REVOLUÇÕES INDUSTRAIS

2.1 Primeira Revolução Industrial

Buscando o significado de *engenheiro*, encontra-se o seguinte:

Profissional que, diplomado por curso de engenharia, se dedica à ciência e ao ofício de construções civis e públicas, como edifícios, estradas, barragens, pontes, redes de distribuição e usinas elétricas, bem como a invenções, construções e instalações de máquinas e equipamentos [...]. (MICHAELIS, 201-?).

Porém, ao trazer a diplomação e, principalmente, retratar da ciência, carrega uma conotação atual à palavra, que se dispersa de sua origem latina: *ingeniator*, que significa pessoa com engenho, pessoa engenhosa (OXFORD, 201-?). Origem, essa, que se aproxima da realidade do engenheiro pré-revolução industrial, em que eram artífices e artesãos que realizavam seus trabalhos por tentativa e erro, características evidenciadas em meados do século XVIII, quando uma rápida sucessão de inventos baseados no empirismo culminou no tear mecânico de Cartwright, símbolo do início da 1ª Revolução Industrial. Essa se deu início, então, sem a participação da ciência moderna no desenvolvimento da inovação, exemplificada pela famosa frase de Lawrence Joseph Henderson, “A ciência deve mais à máquina a vapor do que a máquina a vapor deve à ciência”, e como afirma B. Russel:

“[...] a maior parte das máquinas, no sentido estrito da palavra, não possui nada que mereça ser chamado ciência. As máquinas têm sido originalmente simples meios para realizar, em objetos inanimados, movimentos regulares que eram anteriormente realizados pelo corpo e, mais especificamente, pelos dedos dos homens. [...] A ciência propriamente não tem desempenhado nenhum grande papel na invenção do trem, nem na navegação a vapor em suas origens” (citação adaptada de TORTAJADA e PELÁEZ, 2000).

Como se pode observar através da citação supracitada, o engenheiro não possuía, necessariamente, conhecimento técnico formal repassado através de uma formação acadêmica. Ou seja, muitos dos inventos e melhorias realizados por engenheiros estavam atrelados à prática e experiência, de modo similar ao trabalho desenvolvido por artesãos, por exemplo.

É interessante notar que a 1ª RI está demarcada entre o início do séc. XVIII e o final do séc. XIX. Se antes as invenções e maquinários eram desenvolvidos e melhorados empiricamente, sem suporte científico adequado, ao longo dessa Revolução, por sua vez, diversas foram as descobertas as quais possibilitaram impulsionar a ciência – e, por consequência, a engenharia – na direção da aplicação industrial. Como relatado no livro *Seventeen Equations That Changed The World* (STEWART, 2012), Fourier apresentou sua Transformada em 1822, as equações de Navier-Stokes foram publicadas em 1845, Maxwell divulgou suas quatro equações em 1865 e a Segunda Lei da Termodinâmica foi introduzida por Boltzmann em 1874. Sendo assim, é natural concluir que, com tais avanços acadêmicos desenvolvidos nessa época, novas competências foram sendo solicitadas aos engenheiros: o conhecimento começou a ser desenvolvido nos laboratórios para depois ser aplicado na prática, como veremos a seguir.

Dessa forma, com o advento da Primeira Revolução Industrial, ficou evidente a alavancagem que novas tecnologias podem dar aos meios de produção com a ampliação da energia mecânica disponível baseada na exploração do carvão. O desenvolvimento do setor produtivo, com a maior extração de carvão e máquinas cada vez mais eficientes, e do setor de transportes tanto terrestre, com o trem a vapor, quanto marítimo, com o barco a vapor, direcionou o foco da inovação para o desenvolvimento, ou seja, empresários perceberam que, com tecnologias mais avançadas, era possível produzir mais com menores tempos e custos.

2.2 Segunda Revolução Industrial

A percepção de que a academia poderia impulsionar os avanços industriais foi logo percebido pelas grandes companhias. Porém, a interação entre ciência e tecnologia começou de uma forma diferente do que se encontra posto atualmente.

No livro *Science and Industry in the Nineteenth Century* (BERNAL, 1953), é citado que, em meados do séc. XX, 80% da investigação científica característica dessa ciência industrial eram realizados nos departamentos de investigação das empresas monopolistas. Ou seja, o conhecimento científico passou a receber fortes investimentos privados a partir do início da Segunda Revolução Industrial – a qual se situa entre o final do século XIX e início da 2ª Guerra Mundial. No mesmo livro, há o exemplo da IG Farben, empresa alemã que, ao final do séc. XIX, possuía 100 vezes mais engenheiros que a Inglaterra costumava contratar em suas companhias carboníferas; esse fato fez com que a Alemanha despontasse como uma potência industrial no início do século XX e tal modelo de desenvolvimento científico-industrial fosse rapidamente seguido pelos americanos.

Com isso, percebe-se a valorização do capital intelectual e a estruturação de conhecimento formal aplicado aos meios de produção. Através dos investimentos privados e governamentais em ciência e tecnologia, a agregação de conhecimento em diversos ramos se tornou possível e a introdução no mercado de trabalho, por sua vez, se tornou mais complexo, já que o engenheiro necessitava desenvolver uma série de competências técnicas para ser capaz de contribuir com o crescente progresso científico posto naquela época.

Além disso, por conta da maior interação entre ciência – mercado de trabalho, percebe-se a importância do engenheiro em desenvolver competências interpessoais, como comunicação, para que fosse possível integrar de maneira satisfatória as descobertas acadêmicas nos meios de produção.

Entretanto, embora a 2ª Revolução Industrial tenha expandido o ramo de atuação dos engenheiros, ela também foi uma das responsáveis por segmentar as áreas de conhecimento de maneira mais significativa. Através do desenvolvimento do Fordismo e do Taylorismo na virada do século XX, o trabalho passou a ser altamente segmentado e o controle da produção e das tomadas de decisão passaram a ser cientificamente metodizados e padronizados (HOFFMAN, 2009), (UK ESSAYS, 2015). Dessa forma, percebe-se a valorização da capacitação técnica e do aumento da complexidade das relações no ambiente de trabalho em que o engenheiro recém-formado deveria se inserir.

2.3 Terceira Revolução Industrial

Passada a Segunda Guerra Mundial, uma nova onda industrial se iniciou: pautada na automação e na posterior inclusão da internet no parque fabril, a 3ª RI transformou o modo como as pessoas se relacionavam com a tecnologia e como ela poderia impactar nos meios de produção.

Algumas das invenções indicam a amplitude e impacto dessa Revolução (TORTAJADA e PELÁEZ, 2000):

- 1947: desenvolvimento do transistor;
- 1957: criação do circuito integrado;
- 1963: descoberta da estrutura do DNA;
- 1971: lançamento do microprocessador;
- 70s: aplicação da robótica na indústria;
- 80s: expansão do uso da internet e do computador pessoal.

Sendo assim, com tais invenções, mudanças drásticas no mercado de trabalho e na sociedade puderam ser observadas. Hoje, é praticamente impensável se estudar, trabalhar e interagir socialmente sem a utilização das tecnologias derivadas de tais marcos tecnológicos. Como forma de se observar demais aspectos dessa transformação global decorrente da 3ª RI, pode-se analisar graficamente alguns indicadores coletados pelo *World Bank* (respectivos à média mundial):

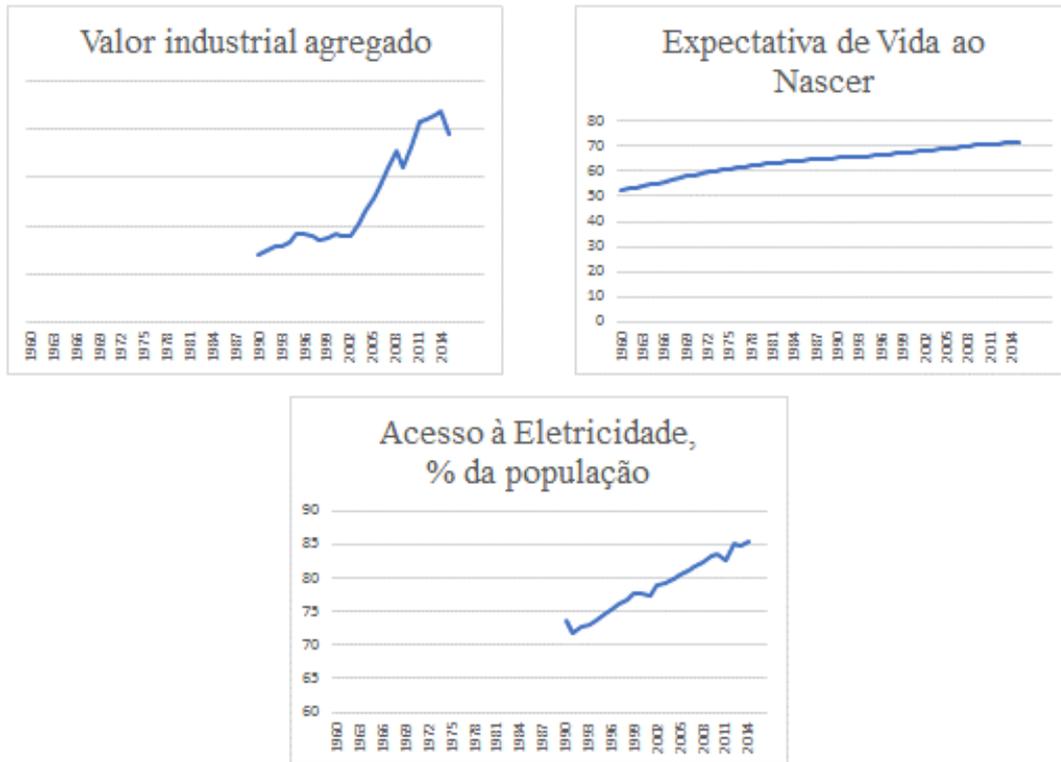


Figura 1 - (1) Valor industrial agregado, dados qualitativos; (2) Expectativa de Vida ao Nascer; (3) Acesso à Eletricidade, % da População (WORLD BANK, 201-?)

A partir dos dados acima, observa-se que a produtividade das indústrias aumentou com a introdução da automação para a realização de tarefas repetitivas, as pessoas passaram a estar cada vez mais conectadas e globalizadas com o acesso à eletricidade e com o consequente acesso à internet e, além disso, a qualidade de vida média mundial cresceu, de forma que as pessoas passaram a ter uma expectativa de vida maior ao nascer. Porém, qual foi a matéria-prima que sustentou todos esses avanços? A informação.

Tortajada e Paláez descrevem a 3ª RI como a era da informação, ou seja, as tecnologias básicas são centradas no processamento e no tratamento da informação. Além disso, afirmam que a produtividade reside na qualidade da informação que está sendo coletada e analisada.

Dessa forma, há dois aspectos fundamentais relacionados ao papel do engenheiro: sua atuação no mercado de trabalho e sua capacitação para se inserir nesse novo contexto. O primeiro aspecto está relacionado à crescente automação nos parques fabris: se antes a responsabilidade era de garantir a produção exercida por pessoas, nesse momento o foco é na substituição do elevado número de pessoas pelas máquinas. É válido ressaltar que a automação, nesse momento, não estava atrelada à substituição das pessoas em tarefas consideradas cognitivas; esse aspecto será melhor retratado na seção referente à Quarta Revolução Industrial. Já o segundo aspecto decorre do primeiro: com a crescente automação, o engenheiro teve que desenvolver maiores habilidades de demais engenharias, já que a robotização envolve conceitos multidisciplinares, ou seja, as relações profissionais ficaram

mais recorrentes e complexas, ressaltando a importância do desenvolvimento das competências interpessoais. Dessa forma, sua capacitação passou a demandar, além de conhecimentos técnicos relacionados à sua área de atuação, o desenvolvimento de competências atreladas ao processamento de dados, programação, utilização das análises para tomadas de decisão mais ágeis, assertivas e melhor embasadas.

Além disso, nessa mesma direção, as competências denominadas de *soft skills* (criatividade, pensamento crítico, inteligência emocional, gestão de pessoas, entre outras (MOURA, 2016)) se tornaram diferenciais na contratação de engenheiros recém-formados. Isso decorre do fato apontado anteriormente, em que, através do aumento do nível de automação industrial, as tarefas cognitivas passaram a ser mais valorizadas, já que as repetitivas foram sendo substituídas pelos robôs.

Por fim, ainda se tratando da 3ª RI, o tema desemprego possui um importante destaque, pois ela inclui a substituição de pessoas por máquinas em manufaturas ao redor do mundo. Dessa forma, uma problemática surge e é tratada por muitos autores como negativa para a sociedade e um obstáculo à inserção dos engenheiros no mercado de trabalho. Entretanto, caso se observe esse novo movimento sob a perspectiva da modificação das formas até então estruturadas de realização de uma dada tarefa, percebe-se que tais movimentos já ocorreram por diversas vezes ao longo dos séculos. Sendo assim, pode-se analisar os gráficos abaixo também retirados da base de dados do *World Bank* (respectivos à média mundial):

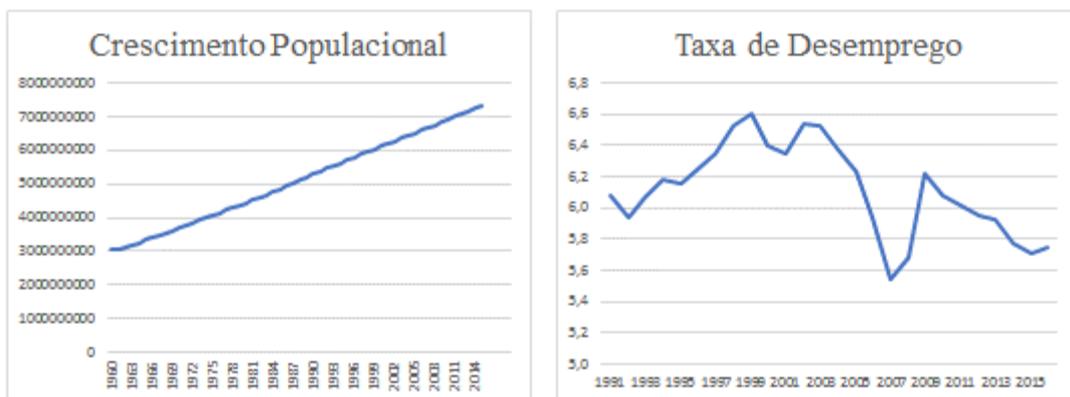


Figura 2 - Crescimento Populacional x Taxa de Desemprego no mundo (WORLD BANK, 201-?)

Dessa forma, apesar da população ter crescido nas últimas décadas, a taxa de desemprego se manteve entre 5,5% e 6,6% nesse mesmo período. Uma das possíveis explicações deriva do fato de que, ao passo que novas tecnologias são introduzidas no mercado de trabalho, alguns empregos deixam de existir, porém, outros novos são criados em decorrências da implantação e desenvolvimento dessas novas tecnologias e do suprimento dos novos desejos da sociedade. Analogamente, da mesma forma que, há cerca de um século, a “indústria de cavalos” estava preocupada com a troca desses animais pelos carros, as pessoas passaram a se preocupar com o desemprego a partir da automação de tarefas até então executadas por pessoas (THE ECONOMIST, 2016). Porém, conforme foi observado, a número de empregos criados pela então nova indústria automotiva superou expressivamente o número de vagas ocupadas pelos empregos relacionados aos cavalos.

3 QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Trazendo a informação como matéria prima para o avanço, a Terceira Revolução Industrial preparou o caminho para a Revolução em curso, a Quarta. A velocidade com a qual novas descobertas estão sendo feitas não encontra precedentes históricos, sustentando uma

disruptiva revolução que já está modificando os meios de produção e que promete modificar também nossa maneira de viver.

A Quarta Revolução Industrial está pautada na inovação tecnológica e na interconexão de todas as informações geradas, a partir de conceitos como: internet das coisas (IOT), sistemas ciber-físicos, *user experience* e computação na nuvem. Ela já vem modificando a estrutura produtiva de empresas de tecnologia de ponta em países como Alemanha e Estados Unidos.

Essas empresas estão criando indústrias inteligentes, as chamadas Indústrias 4.0, nas quais se utilizam os conceitos citados acima para alimentar um sistema de produção altamente automatizado, que permite um *feedback* das informações geradas para modificar o próprio sistema. Assim, os erros são facilmente identificados, a presença do ser humano se reduz, é possível individualizar cada produto de acordo com as informações dos clientes, a redução de custos e maximização da produção estarão ao toque de um botão, ou seja, as possibilidades de mudança do panorama instituído pela 3ª RI são inúmeras (MARR, 2016).

Diante desse contexto, percebe-se que o nível de especialização para a realização das tarefas aumentará, e, com isso, a competição pelos empregos de engenharia também. A automação já está substituindo empregos antes ocupados por humanos relacionados a afazeres não cognitivos e repetitivos, porém, os avanços recentes em inteligência artificial (IA) mostram que, em um futuro próximo, empregos cognitivos poderão ser passados a robôs. Como exemplo, há o caso da IA da IBM, chamado Watson, que possui a habilidade de analisar e interpretar dados utilizando uma tecnologia cognitiva que o permite “pensar como um humano” e já está sendo utilizado por algumas empresas para substituir trabalho executado por pessoas até então (MCCURRY, 2017).

O resultado dessa Revolução, que também pode ser considerado uma preocupação, é a desigualdade associada a todas as mudanças, pois a Revolução tem o potencial de polarizar o trabalho: a máquina assumirá muitos afazeres, tanto cognitivos quanto manuais, dos quais humanos eram responsáveis, resultando em um *gap* entre empregos que não requerem capacitação e que pagam muito pouco e empregos que requerem alta capacitação e que pagam muito (SCHWAB, 2015). O engenheiro deve, portanto, estar preparado para enfrentar esses desafios desenvolvendo habilidades que o tornem um profissional extremamente capacitado para o mercado futuro.

Com base nessas mudanças, Sabina Jeschke descreve quais serão as características desejadas do engenheiro do futuro. A partir do primeiro ponto da Revolução, a inovação, percebe-se a necessidade do engenheiro desenvolver conhecimentos e capacidades interdisciplinares de maneira mais intensa. O desenvolvimento tecnológico se torna cada vez mais complexo e requer a colaboração de várias áreas do conhecimento para sustentá-lo. Um exemplo são os conhecimentos em Tecnologia de Informação, que ainda são alocadas para profissionais especializados nisso, mas deverão ser uma das bases na capacitação de futuros engenheiros diante do crescimento tecnológico atual. Ademais, com o advento da automação e integração das informações, o engenheiro terá mais tempo e espaço para o desenvolvimento de atividades não processuais, de cunho criativo, que aumentam a competitividade da empresa com um nível mais elevado de inovação (JESCHKE, 2015).

Outro exemplo da multidisciplinaridade é o empreendedorismo. Engenheiros devem ser os guias da inovação, e, para isso, não basta apenas terem conhecimentos técnicos (e.g. visão crítica, conhecimentos científicos, adaptação a novas tecnologias), mas também habilidades gerenciais (e.g. tomada de decisão, liderança, comunicação, motivação do time) e empreendedoras (e.g. habilidade de gerenciar riscos, persistência, adaptabilidade a mudanças).

A partir do surgimento de novas tecnologias, pode-se apontar para outra característica primordial: a adaptabilidade do engenheiro aos ciclos rápidos de inovação, pois, cada vez

mais, a “meia-vida do conhecimento” diminui, ou seja, os profissionais precisam estar constantemente se atualizando para que consigam viver essas mudanças.

É válido notar que as competências destacadas nos parágrafos acima podem ser, dados os devidos contextos, estendidas aos engenheiros das demais revoluções, não sendo, em muitos casos, exclusividades dos profissionais imersos no contexto de indústria 4.0. Porém, em decorrência da globalização e democratização da informação – promovida pela internet – e pelos recentes avanços em IA, fato que cria a concorrência entre pessoas e máquinas para a execução de tarefas cognitivas, o desenvolvimento da multidisciplinariedade e *soft skills* (citadas em 2.3), por exemplo, se tornam fundamentais para que os engenheiros se insiram no mercado e trabalho e também consigam se manter nele uma vez empregados. Além disso, de acordo com o *US Department of Labor*, 65% das crianças que estavam entrando nas escolas no ano da pesquisa trabalhariam em empregos que ainda seriam criados no séc. XXI (LABOR, 1999). Ou seja, a multidisciplinariedade e habilidades interpessoais se tornam também necessárias para a empregabilidade em ocupações que ainda estão por vir, não havendo somente o foco no mercado de trabalho já estabelecido.

Essas mudanças de paradigma já podem ser percebidas em alguns países ao redor do mundo, como a Alemanha, e serão exemplificadas no Estudo de Caso a seguir.

3.1 Estudo de Caso: ambiente 4.0 na Alemanha

As políticas alemãs voltadas a uma nova Revolução Industrial tiveram início em 2010, pelo Governo Federal Alemão, através das “Estratégias para Tecnologia de Ponta 2020”, cujo objetivo era transformar a Alemanha na líder mundial em inovação até o ano de 2020 (EUROPEAN COMMISSION, 2017). Desde a criação dessa política, investimentos relacionados à Quarta Revolução já somaram cerca de 200 milhões de euros provenientes do governo alemão, até 2015, e mais 650 milhões de euros de empresas de pesquisa e desenvolvimento (DEMSKI, 201-?).

Através dela, empresas possuem o direito e o apoio do governo em investir em inovação, o que resultou em parcerias que revolucionaram o cenário mundial produtivo, principalmente na área de manufatura. Isso permite à Alemanha não só consolidar uma posição competitiva como um país manufatureiro, produzindo e exportando seus produtos com alto valor agregado, mas também tornar o país o fornecedor de tecnologias para indústrias 4.0 ao redor do mundo num futuro próximo (MACDOUGALL, 2014).

Entretanto, é de conhecimento que de nada se vale investir nos setores finais de produção, quando não se tem profissionais especializados para fornecer o capital intelectual para sustentar a avalanche de inovações. Por isso, percebem-se características da educação de engenharia alemã, que se diferenciam da brasileira, com um foco principal entre a relação mercado-universidade. Vale ressaltar que as informações a seguir foram coletadas a partir de três entrevistas realizadas com graduandos da UFSC na Alemanha: um aluno de Eng. de Controle e Automação, trabalhando na Audi em Ingolstadt, e dois alunos da Eng. Mecânica, ambos estagiando no Fraunhofer IPT em Aachen.

Sendo assim, uma das principais diferenças é a relação com a qual os alemães enxergam o ensino. O curso de graduação é mais curto e intenso em relação à UFSC, para que o aluno consiga se formar como um engenheiro generalista em menos tempo, possibilitando que, depois, ele faça um mestrado em uma área desejada. Esse método de ensino é explicado por Sabina Jeschke, a qual comenta que o aluno deve se tornar um profissional adaptável para o mercado de trabalho no qual ele será inserido; para isso, estudantes precisam cada vez menos de conteúdos detalhados de todas as áreas que poderão trabalhar, mas precisam, sim, desenvolver a habilidade de aprender conteúdos novos e se manter atualizados do mercado que os circunda (JESCHKE, 2015). Um entrevistado pontuou que o ensino é mais voltado à

prática e nem tanto à teoria em relação ao curso na UFSC, o que promove uma formação diferenciada em relação ao que comumente se adota no Brasil. Ou seja, caso um engenheiro recém-formado deseje se inserir no contexto alemão, é importante que habilidades de resolução de problemas práticos, por exemplo, estejam desenvolvidas, além, claro, da base teórica que possibilitará resolver tal problema.

Além disso, Sabina explica que o mestrado é de suma importância para a inserção do profissional no mercado de trabalho e que deve ser conduzido de maneira a capacitá-lo da melhor forma possível. Exemplo disso é evidenciado pelo esforço das universidades de vincular o estágio do futuro engenheiro com projetos multidisciplinares e internacionais, aproveitando as parcerias desenvolvidas para troca de conhecimento. Com base nas entrevistas, pôde-se perceber que, independentemente da área de formação do estudante, conhecimentos em programação, habilidades interpessoais desenvolvidas, capacidade de aprendizado rápido e busca constante por atualizações profissionais são competências fundamentais aos profissionais inseridos no contexto 4.0.

É notável, também, a liberdade que empresas possuem para fomentar o desenvolvimento intelectual, investindo em profissionais que têm a possibilidade de realizar um número de estágios e projetos vinculados às empresas e que sejam, posteriormente, empregados por elas quando de sua formação. Esse fato foi bastante destacado pelos entrevistados, pois, além dos investimentos privados auxiliarem na estrutura e ambiente para uma melhor aprendizagem, as empresas já inserem o estudante em situações reais enfrentadas por elas antes mesmo de suas conclusões de curso. Ou seja, há uma conexão estruturada e alinhada entre ensino e mercado de trabalho, situação essa criticada em relação à UFSC, por exemplo, em que nem sempre o processo de procura por estágios e oportunidades de emprego são direcionadas e alinhadas entre conteúdo repassado em sala e necessidades reais do mercado de trabalho e, num âmbito mais amplo, da sociedade.

Por fim, dois dos entrevistados destacaram uma competência nem sempre evidenciada com frequência: a proatividade. Ela pode ser vista tanto como a ação propriamente dita em se resolver determinada situação espontaneamente, bem como a antecipação de eventuais problemas que podem ocorrer no futuro. Sobre isso, ambos receberam elogios de seus orientadores, destacando que tal competência os diferenciou dos estudantes alemães, os quais, muitas vezes, esperam direcionamentos da universidade, professores, monitores, etc., para a resolução de seus problemas. Sendo assim, ressaltaram que exercitar a proatividade tanto na graduação quanto na busca por demais capacitações são principalmente valorizadas em ambientes 4.0.

4 CONCLUSÃO

Como visto no decorrer do artigo, as competências esperadas de um engenheiro quando da sua formação foram alteradas à medida que as novas tecnologias foram sendo desenvolvidas e as relações sociais e mercadológicas se tornaram mais complexas. Na 1ª RI, como visto, pouco se esperava de embasamento teórico-científico de um profissional que fosse lidar com engenharia, valorizando muito mais aspectos práticos e experiências acumuladas. Já a partir da 2ª, uma formação teórica sólida passou a ser requerida, além do continuado desejo por profissionais com alguma experiência de trabalho quando da sua inserção no mercado.

Dessa forma, como pôde-se observar nas seções referentes à 3ª e 4ª RIs, o perfil desejado de profissional ainda requer uma combinação de prática e teoria. Porém, cada vez mais competências interpessoais e multidisciplinares são necessitadas nesses novos ambientes de trabalho, em decorrência da crescente automação não só de tarefas repetitivas e manuais, mas também de atividades cognitivas e altamente complexas.

Portanto, para que as características esperadas de um engenheiro quando da sua formação sejam contempladas, é fundamental que sua formação seja suportada por uma infraestrutura adequada de estudo, bem como por uma conexão intrínseca com o mercado de trabalho e sociedade. Segundo Andreas Schneider, Chefe de Educação do TRUMPF Group, “mesmo que o conteúdo de uma aprendizagem já tenha mudando em relação à indústria 4.0, não ajuda se o professor permanecer na indústria 1,0”.

É importante notar que, apesar da natural comparação entre Alemanha e UFSC na seção de Estudo de Caso, as duas realidades apresentam diferenças relevantes. Por exemplo, enquanto já há manufaturas inteiras adaptadas à 4ª RI na Alemanha, como é o caso da planta industrial da Siemens em Amberg (WEBEL, 201-?), a realidade brasileira ainda está, em geral, se consolidando nas inovações e tecnologias trazidas pela Revolução anterior. Sendo assim, as tecnologias e implicações provenientes de uma Quarta Revolução só serão observadas, em uma maior escala, no Brasil, nas próximas décadas. Porém, isso não implica que o ensino, formação acadêmica e desenvolvimento das competências necessárias só tenham que ser revistos e modificados no médio-longo prazo. É fundamental, para a realidade brasileira, que os profissionais aqui formados estejam alinhados não só com seus contextos cotidianos, mas também com o que se espera de um profissional de engenharia em ambientes na vanguarda tecnológica mundial.

Por fim, destaca-se que, apesar desse trabalho ter como foco os aspectos mercadológicos das Revoluções Industriais e as implicações delas nas competências esperadas de engenheiros quando de suas formações, é válido que próximos trabalhos analisem os impactos sociais, ambientais e econômicos dessa nova Revolução, pois os profissionais de engenharia serão inseridos não só em seus trabalhos, mas também na sociedade como um todo, em que as relações são mais complexas e abrangentes que num ambiente de trabalho somente.

5 REFERÊNCIAS

- BERNAL, J. D. **Science and Industry in the Nineteenth Century**. 1ª. ed. [S.l.]: [s.n.], 1953.
- BEZERRA, K. Estudo Prático. **Homo sapiens sapiens**, 19 ago 2015. Disponível em: <<http://www.estudopratico.com.br/homo-sapiens-sapiens/>>. Acesso em: 17 jun 2017.
- DEMSKI, E. New European Economy. **Industry 4.0 - Germany's Smart Production**, 201-? Disponível em: <<http://neweuropeaneconomy.com/in-focus/industry-4-0-in-germanys-industrial-heartland-smart-production-is-becoming-reality/>>. Acesso em: jun 2017.
- EUROPEAN COMMISSION. Digital Single Market. **Implementation of an Industry 4.0 Strategy - The German Plattform Industrie 4.0**, 2017. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/blog/implementation-industry-40-strategy-german-plattform-industrie-40>>. Acesso em: jun 2017.
- HILSDORF, C. Catho. **O que é Competência?**, 11 jun 2012. Disponível em: <<http://www.catho.com.br/carreira-sucesso/colunistas/carlos-hilsdorf/o-que-e-competencia>>. Acesso em: 17 jun 2017.
- HOFFMAN, A. **Taylorism and Fordism**. [S.l.]. 2009.
- JESCHKE, S. **Engineering Education for Industry 4.0: challenges, chances, opportunities**. RWTH Aachen University. [S.l.]. 2015.

LABOR, U. S. D. O. **Future Work - Trends and Challenges for Work in the 21st Century**. [S.l.]. 1999.

MACDOUGALL, W. **Industrie 4.0: Smart Manufacturing for The Future**. Germany Trade & Invest. Berlin. 2014.

MARR, B. Forbes. **What Everyone Must Know About Industry 4.0**, 2016. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2016/06/20/what-everyone-must-know-about-industry-4-0/#4d19cb9d795f>>. Acesso em: nov 2016.

MCCURRY, J. The Guardian. **Japanese company replaces office workers with artificial intelligence**, 2017. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/technology/2017/jan/05/japanese-company-replaces-office-workers-artificial-intelligence-ai-fukoku-mutual-life-insurance>>. Acesso em: jun 2017.

MICHAELIS. **Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa**, 201-?. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=compet%C3%A2ncia>>. Acesso em: 17 jun 2017.

MOURA, J. P. Economias. **10 exemplos de soft skills importantes para o futuro**, 2016. Disponível em: <<https://www.economias.pt/exemplos-soft-skills/>>. Acesso em: 27 jun 2017.

OXFORD. **Oxford Living Dictionaries**, 201-?. Disponível em: <<https://en.oxforddictionaries.com/definition/engineer>>. Acesso em: jun 2017.

SCHWAB, K. **The Forth Industrial Revolution**. [S.l.]: Crown Business, 2015.

STEWART, I. **Seventeen Equations That Changed The World**. 1ª. ed. [S.l.]: Profile Books, 2012.

THE ECONOMIST. **Automation and anxiety: will smarter machines cause mass unemployment?**, 2016. Disponível em: <<http://www.economist.com/news/special-report/21700758-will-smarter-machines-cause-mass-unemployment-automation-and-anxiety>>. Acesso em: mai 2017.

TORTAJADA, J.; PELÁEZ, A. **Ciencia, Tecnología y Sociedad**. [S.l.]: Sistema, 2000.

UK ESSAYS. **The Concepts of Taylorism and Fordism**, 2015. Disponível em: <<https://www.ukessays.com/essays/management/the-concepts-of-taylorism-and-fordism-management-essay.php>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

WEBEL, S. Siemens Digital Factory. **Industrie 4.0: Seven Facts to Know about the Future of Manufacturing**, 201-?. Disponível em: <<https://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/industry-and-automation/digital-factory-trends-industrie-4-0.html>>. Acesso em: jun 2017.

WORLD BANK. **World Bank Open Data**, 201-?. Disponível em: <<http://data.worldbank.org/>>. Acesso em: mai 2017.