

O ENSINO DE ENGENHARIA EM FACE ÀS COMPETÊNCIAS PROFISSIONAIS EXIGIDAS PELA INDÚSTRIA 4.0

Adriano Moraes da Silva – amoraes.eng@gmail.com

Universidade Federal de Sergipe, Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica
Av. Marechal Rondon, s/n - Jardim Rosa Elze
49100-000 – São Cristóvão – SE

Thiago Diórgenes Lima Pereira dos Santos – thiago.diorgenes@gmail.com

Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Administração
Av. Marechal Rondon, s/n - Jardim Rosa Elze
49100-000 – São Cristóvão – SE

Felipe Guilherme de Oliveira-Melo – felipe.guilherme@univasf.edu.br

Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Salgueiro
Rua Antônio Figueira Sampaio, 134 - Nossa Sra. das Graças
56000-000 – Salgueiro – PE

Silvana Rodrigues Quintilhano – squintilhano@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina
Estrada dos Pioneiros - Jardim Morumbi
86036-370 – Londrina – PR

Resumo: A Quarta Revolução Industrial (Indústria 4.0) traz consigo grandes transformações nos contextos de atuação profissional e, conseqüentemente, implica no desafio de formar mão de obra qualificada para atender às exigências dessas novas configurações dos ambientes de trabalho. Devido a sua estreita ligação com o desenvolvimento tecnológico, a educação em engenharia deve estar em consonância com essas transformações no sentido de desenvolver em seus estudantes as novas competências que lhes são exigidas. Nesse contexto, as novas Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de Engenharia (DCNs) trazem em seu bojo oito competências gerais que devem fazer parte do currículo dos futuros engenheiros. Nesse sentido, este artigo visa apresentar uma análise comparativa entre as principais competências profissionais exigidas pela Indústria 4.0 e aquelas mencionadas nas novas DCNs para os cursos de engenharia. Para tanto, conduziu-se uma pesquisa exploratória e descritiva, amparada qualitativamente pelas pesquisas bibliográfica e documental. Em linhas gerais, os resultados mostram que a relação entre as competências é bastante satisfatória, tendo em vista que a maior parte das competências da Indústria 4.0 é contemplada pelas DCNs (cerca de 71 %). As competências não contempladas explicitamente pelas DCNs versam sobre noções de linguagem de programação e segurança de dados; conhecimentos empresariais e mercadológicos para suporte à tomada de decisões assertivas; flexibilidade e adaptabilidade às condições de trabalho; inteligência emocional; e senso crítico para avaliar decisões e negociações corporativas, com base nas técnicas de negociação e persuasão. Espera-se que os resultados deste estudo contribuam, mesmo que minimamente, com readequação das matrizes curriculares dos cursos de engenharia no âmbito da Indústria 4.0.

Palavras-chave: Competências profissionais. Diretrizes Curriculares Nacionais. Educação em Engenharia. Indústria 4.0. Quarta Revolução Industrial.

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia tem transformado o comportamento da sociedade, especialmente a forma como as pessoas interagem entre si e com o mundo. Este fato tem marcado o início de uma nova Revolução Industrial com impacto nas mais diversas esferas do desenvolvimento de uma nação (SCHWAB, 2016). Os seguimentos econômicos, por exemplo, são marcados pelo surgimento de novos modelos de negócio, bem como pela descontinuidade dos operadores e pela reformulação da produção, do consumo, dos transportes e dos sistemas logísticos (CONCEIÇÃO, 2012).

Esse contexto sinaliza o início da Quarta Revolução Industrial, também conhecida como Indústria 4.0, difundida pelo governo Alemão por meio de uma série de estratégias voltadas às tecnologias capazes de transformar as indústrias em “fábricas inteligentes” (*smart factories*) (DRATH; HORCH, 2014; SCHWAB, 2016). Indubitavelmente, “as indústrias de manufatura continuam sendo a força motriz para o crescimento da economia mundial” (GEHRKE *et al.*, 2015, p. 4), provocando o desenvolvimento de muitas outras áreas; logo, é previsível que em breve a Indústria 4.0 se consolide no Brasil, principalmente por influência das multinacionais.

A mudança para o ambiente virtual tem crescido celeremente devido ao avanço da tecnologia e à disponibilidade de novas ferramentas profissionais. Com o surgimento do conceito de Indústria 4.0, além da transformação no contexto industrial, é inegável que:

A evolução tecnológica é uma concepção que impacta tanto a vida pessoal quanto profissional das pessoas, bem como as necessidades educacionais das novas gerações. Trata-se de um processo disruptivo que tem provocado mudanças nos hábitos de consumo e de produção, assim como nos processos de ensino-aprendizagem (SANTOS, 2019, p. 7).

De acordo com o relatório *The Future of Jobs* (Os Empregos do Futuro), do Fórum Econômico Mundial (WEF, 2016), estima-se que 65 % das crianças entrando no ensino fundamental hoje trabalharão em empregos que ainda não existem e as respectivas metodologias de ensino-aprendizagem não contemplam as novidades trazidas pelas ferramentas tecnológicas empregadas na Indústria 4.0. Ademais, muitas ocupações deixarão de existir, outras, porém, surgirão nos próximos anos.

Nesse contexto, a qualificação do trabalhador ganha destaque como principal desafio, sendo necessário o desenvolvimento de novas competências para atender às exigências técnicas e comportamentais no contexto das fábricas inteligentes. Assim, ressalta-se que a valorização da aprendizagem contínua precisa estar contida na cultura das organizações (SENGE, 2012), principalmente as educacionais, que moldam o perfil dos futuros profissionais.

Atualmente, a escassez de profissionais suficientemente qualificados, em todos os níveis hierárquicos, consiste em uma das principais dificuldades enfrentadas pelas empresas nos processos de recrutamento e seleção. Desse modo, as Instituições de Ensino Superior (IES) devem garantir o desenvolvimento das competências requeridas pelo mercado de trabalho, atendendo à demanda social e formando profissionais aptos a contribuir com o desenvolvimento das mais diversas organizações.

A dinâmica do mercado de trabalho, com a forte presença de ferramentas tecnológicas, tem demandado perfis profissionais dotados de competências que até então não eram reconhecidas como fundamentais na formação profissional e acadêmica. O desenvolvimento dessas competências está diretamente relacionado à readequação do processo de ensino-aprendizagem e compete às IES ajustarem suas práticas pedagógicas e matrizes curriculares às novas necessidades do ambiente de trabalho.

Alinhadas às demandas emergentes do mercado profissional, as novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) dos Cursos de Graduação em Engenharia (BRASIL, 2019a) preveem oito competências gerais imprescindíveis à formação dos estudantes, enfatizadas como o elemento norteador do processo de ensino-aprendizagem (ANGELO; GIANESI, 2019). Nesse sentido, os Projetos Pedagógicos dos Cursos (PPC) devem contemplar um conjunto de atividades que desenvolvam efetivamente as competências esperadas para o perfil do egresso.

Apesar das discussões em torno das novas DCNs para os cursos de engenharia não serem atuais, inclusive alguns currículos já se adequam parcialmente às novas exigências, apenas em 2019 elas foram oficialmente publicadas e, de acordo com a Resolução CNE/CES nº 2/2019 (BRASIL, 2019a), os cursos terão um prazo de três anos para readequarem seus PPCs. Assim, instituições e cursos têm se mobilizado para atualizarem seus PPCs e atenderem não só às recomendações das DCNs como também às novas necessidades do mercado de trabalho, que devem contemplar aspectos locais e globais inerentes à formação de cada profissional, dentro das modalidades da engenharia (Produção, Elétrica, Mecânica, Civil etc.).

À luz dessas considerações, este artigo apresenta uma análise comparativa entre as principais competências profissionais exigidas pela Indústria 4.0 (SANTOS, 2019) e aquelas mencionadas nas novas DCNs para os cursos de engenharia (BRASIL, 2019a). Na sequência, são tecidas considerações acerca das possibilidades de adequações no processo de ensino-aprendizagem para contribuir, mesmo que minimamente, com readequação das matrizes curriculares dos cursos de engenharia no âmbito da Indústria 4.0.

2 INDÚSTRIA 4.0: CONCEITOS E CONSEQUÊNCIAS PARA EDUCAÇÃO

Em 2013, a Academia Nacional de Ciências e Engenharia alemã publicou o relatório intitulado “Recomendações para a implementação da iniciativa estratégica da Indústria 4.0”, sendo este o marco oficial para a consolidação dos conceitos da Indústria 4.0 (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013; LI; HOU; WU, 2017).

Nesse novo contexto, Gehrke *et al.* (2015) salientam que a Indústria 4.0 demandará novos talentos técnicos e impulsionará a criação de novas atribuições no chão de fábrica. Assim, as empresas precisarão de mão de obra cada vez mais qualificada para desenvolver e executar sistemas avançados de manufatura e analisar os dados recebidos de máquinas, consumidores e recursos globais. Diante desse cenário, Santos (2019) conduziu uma revisão sistemática da literatura, em nível nacional e internacional, com vista a mapear as principais competências profissionais exigidas no âmbito da Indústria 4.0 (Quadro 1).

As 14 competências são amplas e envolvem um conjunto vasto de conhecimentos, habilidades e atitudes relacionados a questões pessoais, profissionais/, técnicas, sociais e mercadológicas/gestão. O profissional da Indústria 4.0 precisa estar antenado às novas tecnologias e, ao mesmo tempo, ser capaz de resolver problemas complexos, pensar e avaliar situações criticamente, analisar e sintetizar informações provenientes de fontes muito diversificadas e abstratas, além das características sociais como capacidade de cooperar, transmitir o conhecimento, se comunicar efetivamente e trabalhar em grupo (ALMEIDA-FILHO, 2018; BIALÓN; WERNER, 2018; SANTOS, 2019).

Quadro 1 – Competências profissionais no âmbito da Indústria 4.0

Ref.	Descrição das competências
I1	Comunicar-se efetivamente em idioma estrangeiro, preferencialmente o inglês, respeitando conhecimentos e divergências interculturais;
I2	Resolver problemas complexos com base no emprego de conhecimentos estatísticos e matemáticos e na utilização de tecnologias digitais;
I3	Dominar o uso de tecnologias digitais e aplicativos visando à colaboração virtual e a comunicação digital;
I4	Possuir noções de linguagem de programação e segurança de dados;
I5	Gerir projetos, considerando prazos, recursos (pessoal, material, financeiro e tecnológico), riscos e práticas de governança corporativa;
I6	Agir de forma íntegra, respeitando os princípios éticos e de responsabilidade social.
I7	Tomar decisões assertivas, fundamentadas em conhecimentos empresariais e mercadológicos.
I8	Liderar pessoas e atuar em equipes interdisciplinares com empatia, iniciativa/atitude, persistência, boa comunicação, uso de práticas cooperativas e difusão de responsabilidades;
I9	Ser flexível e adaptável às mudanças (adaptabilidade), sabendo lidar com situações diversas envolvendo as pessoas e o contexto organizações (inteligência emocional);
I10	Atuar de forma empreendedora, criativa e com a mente aberta (<i>open-minded</i>) na busca por soluções inovadoras;
I11	Buscar o aperfeiçoamento profissional através da aprendizagem contínua e do compartilhamento de conhecimentos com os seus pares (<i>networking</i>);
I12	Ter capacidade técnica para atuar na gestão e melhoria de processos de manufatura e operação de equipamentos e sistemas;
I13	Avaliar, criticamente, as decisões e negociações corporativas (senso crítico), ciente das técnicas de negociação e persuasão.
I14	Compreender e aplicar os conceitos de orientação para serviços, visando melhorar a relação entre as organizações e seus clientes.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Santos (2019).

Como uma consequência da Indústria 4.0, o termo “Educação 4.0” (BENEŠOVÁ; TUPA, 2017) surgiu e tem se tornado popular nos estudos que versam sobre a adequação das práticas educacionais às exigências da Quarta Revolução Industrial.

A Educação em Engenharia tem forte conexão com a economia global e com o desenvolvimento social (BAENA *et al.*, 2017), logo, é natural que as transformações industriais impliquem na readequação e/ou reformulação das práticas de ensino-aprendizagem destes cursos. Entretanto, Redish e Smith (2008) ressaltam que a maioria dos cursos de engenharia ainda possui uma estrutura curricular notadamente similar àquela descrita em 1918, no Relatório de Mann (MANN, 1918 *apud* REDISH; SMITH, 2008).

As rápidas e constantes alterações nas áreas de atuação dos engenheiros sugerem a necessidade de repensar como estes profissionais precisam ser educados e preparados para o mercado de trabalho do futuro (ABELE *et al.*, 2015; NEER, 2006). Richert *et al.* (2016) argumentam que a era da Indústria 4.0 motiva questionamentos relacionados ao futuro da educação em engenharia, tais como: como preparar e ensinar as novas competências requeridas e como avaliá-las? À luz disso, Schuster *et al.* (2015, p. 14) salientam que “em consideração aos futuros domínios do mercado de trabalho, os estudantes de engenharia devem estar preparados para atender às demandas da Sociedade 4.0 e da Indústria 4.0”.

3 COMPETÊNCIAS PROFISSIONAIS NO ENSINO DE ENGENHARIA

As recentes discussões que gravitam em torno das competências profissionais dos engenheiros foram impulsionadas, principalmente, pela abordagem de “ensino por competência” trazida pelas novas DCNs. Pela subjetividade e singularidade inerentes aos processos de ensino, desenvolvimento e avaliação, a formação por competência representa um novo desafio para a educação em engenharia.

O conceito de competência inclui o conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes necessários para exercer determinada atividade, sendo também expresso em comportamentos e realizações decorrentes da aplicação desse conjunto (CARBONE *et al.*, 2005). Corroborando com esta ideia, Resende (2000) afirma que “competência é a transformação de conhecimentos, aptidões, habilidades, interesse, vontade, etc., em resultados práticos”. Logo, a expressão da

competência em resultados ficou conhecida como corrente integradora, que está estritamente ligada ao que se deseja em relação à educação em engenharia: conhecimentos técnicos com resultados práticos e mensuráveis com vistas à geração de soluções inovadoras para os diversos níveis de complexidade dos problemas de engenharia.

No bojo da Resolução CNE/CES nº 2/2019 (BRASIL, 2019a) são trazidas oito competências necessárias aos egressos dos cursos de engenharia no Brasil (Quadro 2).

Quadro 2 – Competências gerais do profissional de engenharia, de acordo com as novas DCNs

Ref.	Descrição das competências
D1	Formular e conceber soluções desejáveis de engenharia, analisando e compreendendo os usuários dessas soluções e seu contexto
D2	Analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação
D3	Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos
D4	Implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia
D5	Comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica
D6	Trabalhar e liderar equipes multidisciplinares
D7	Conhecer e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão
D8	Aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação.

Fonte: Brasil (2019a, p. 43-44)

Essas competências estão alinhadas a um perfil profissional que exige uma formação com visão holística e humanística, voltada para um profissional (i) crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica; (ii) apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora; (iii) capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia; (iv) adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática; (v) considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho; e (vi) atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável. (BRASIL, 2019a, p. 43)

À luz dessas considerações, destaca-se a importância do ambiente acadêmico, principalmente as áreas tecnológicas, estarem alinhadas com o mercado de trabalho para garantir que os estudantes desenvolvam competências que atendam ao perfil profissional exigido na eminência da Quarta Revolução Industrial.

4 MÉTODOS

Esta pesquisa é classificada como descritiva e exploratória, tendo em vista que, apesar de se basear em dados secundários provenientes de pesquisas e documentos já publicados, a análise comparativa proposta aqui ainda não foi abordada por outros estudos, sob conhecimento dos autores. Desse modo, almeja-se identificar a relação entre elementos e delinear ações que podem ser aplicadas em contextos práticos da educação em engenharia (GIL, 2019).

Com uma abordagem qualitativa, sedimentada nas pesquisas bibliográfica e documental (MARCONI; LAKATOS, 2019), avaliou-se analiticamente a relação entre as 14 competências profissionais delineadas a partir dos resultados de Santos (2019) (Quadro 1) e as oito competências gerais para os estudantes dos cursos de engenharia no Brasil, definidas no escopo da Resolução CNE/CES nº 2/2019 (Quadro 2). Para relacionar essas competências foram utilizados três níveis de associação (Quadro 3).

Quadro 3 – Escalas e níveis de associação utilizados para relacionar as competências

Escala/pesos	Nível de associação	Descrição
1	Não há relação	As descrições das competências não apresentam nenhuma relação.
3	Parcialmente relacionadas	As descrições das competências apresentam poucos elementos em comum em relação às dimensões de conhecimentos, habilidades e/ou atitudes exigidas ao profissional de engenharia.
9	Fortemente relacionadas	As descrições das competências apresentam vários elementos em comum em relação às dimensões de conhecimentos, habilidades e/ou atitudes exigidas ao profissional de engenharia.

Fonte: Elaborado pelos autores.

As competências foram comparadas duas a duas por um painel de três pesquisadores, individualmente, e, para cada díade, atribui-se um valor da escala apresentada no Quadro 3, considerando os níveis de relação. O consenso entre os valores atribuídos a cada díade de competências foi estabelecido em grupo. Ao final, os valores finais atribuídos a cada par de competências foram multiplicados, gerando um *ranking* (lista de posições) das competências profissionais da Indústria 4.0 que mais se aproximam daquelas trazidas pelas DCNs.

A partir desse procedimento metodológico, busca-se identificar as competências profissionais da Indústria 4.0 que não são suficientemente contempladas no escopo das DCNs e tecer considerações acerca das possibilidades de adequações no processo de ensino-aprendizagem para contribuir, mesmo que minimamente, com a reestruturação e melhoria do ensino de engenharia no Brasil.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados e discute a relação analítica entre as competências profissionais destacadas nas DCNs dos cursos de engenharia (Quadro 1) e aquelas exigidas no âmbito da Indústria 4.0 (Quadro 2). O Quadro 4 apresenta, em ordem decrescente, a relação entre essas competências, considerando os níveis de associação apresentados no Quadro 3. Neste artigo, devido à restrição do limite de páginas, é dado maior destaque nas discussões relacionadas às competências “não contempladas” ou “parcialmente contempladas” pelas DCNs.

Em linhas gerais, os resultados são bastante satisfatórios, tendo em vista que a maior parte das competências da Indústria 4.0 é contemplada pelas DCNs (cerca de 71 %, 10 competências).

Quadro 4 – Associação entre as competências destacadas nas DCNs dos cursos de engenharia e às exigidas pela Indústria 4.0

Ref.	Competências - DCNs								Índice*	Avaliação	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8			
Competências - Indústria 4.0	I10	9	1	9	9	1	1	1	9	6561	Contempladas pelas DCNS
	I12	3	3	9	9	1	1	1	1	729	
	I2	3	9	3	1	1	1	1	3	243	
	I11	1	1	1	1	3	3	1	9	81	
	I8	1	1	1	1	9	9	1	1	81	
	I1	1	1	1	1	9	3	1	1	27	
	I5	1	1	3	1	1	3	1	1	9	
	I3	1	1	1	1	9	1	1	1	9	
	I6	1	1	1	1	1	1	9	1	9	
	I14	1	1	9	1	1	1	1	1	9	
I4	1	3	1	1	1	1	1	1	3	Não contempladas ou parcialmente contempladas pelas DCNS	
I9	1	1	1	1	1	3	1	1	3		
I13	1	1	1	1	1	3	1	1	3		
I7	1	1	1	1	1	1	1	1	1		

* Multiplicação dos valores atribuídos a cada par de competências, em sua respectiva linha.

As competências I2, I10 e I12, destacadas na cor verde (Quadro 4), versam sobre a capacidade técnica para atuar na gestão e melhoria de processos de manufatura e operação de equipamentos e sistemas, com o emprego de tecnologias na solução de problemas complexos e com a proposta de soluções inovadoras. Isso demanda do profissional uma sólida formação técnica, além de uma postura empreendedora, criativa e com mente aberta (*open mind*). De fato, durante a elaboração da minuta das novas DCNs (BRASIL, 2019b), em fóruns e discussões do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), essas competências foram apontadas com frequência como imprescindíveis para a formação dos novos engenheiros.

No conjunto central, destacado na cor amarela (I1, I3, I5, I6, I8, I11, I14), as competências versam sobre comunicação, conhecimentos interculturais, colaboração virtual, gestão de projetos (pessoal, material, financeiro e tecnológico), atuação ética e com responsabilidade social, liderança de pessoas, aprendizagem contínua e orientação para serviços.

Por último, o conjunto de competências destacadas em azul (I4, I7, I9 e I13) merece maior atenção em relação ao objetivo de readequação dos currículos em consonância com a Indústria 4.0. Essas competências contemplam noções de linguagem de programação e segurança de dados, conhecimentos empresariais e mercadológicos para dar suporte à tomada de decisões assertivas, flexibilidade e adaptabilidade às condições de trabalho, inteligência emocional e senso crítico para avaliar decisões e negociações corporativas, com base nas técnicas de negociação e persuasão.

Apesar da Indústria 4.0 possuir uma grande ênfase na digitalização, verifica-se que esse contexto exige, além de competências técnicas inerentes à engenharia, competências pessoais e sociais ligadas ao comportamento dos indivíduos e à forma como eles se relacionam com os seus pares no ambiente de trabalho. Essas competências comportamentais também “estão relacionadas com as características pessoais do profissional, podendo ser descobertas, desenvolvidas e/ou aprimoradas ao longo de sua formação acadêmica.” (MORAES; DELGADO; MELO, 2017, p. 7).

Nesse sentido, liderar equipes multidisciplinares, lidar com problemas no ambiente de trabalho com inteligência emocional, bem como adaptar-se a mudanças são habilidades tão importantes quando as técnicas, porém menos tangíveis nos padrões educacionais do profissional de engenharia (MOTYL *et al.*, 2017). A relação entre I9 e D6 evidencia esse fato, ao passo que sinaliza a eminente necessidade de formar engenheiros com habilidades de comunicação, *network*, comprometimento, cooperação, liderança e engajamento (SALLATI; BERTAZZI; SCHUTZER, 2019).

Com base nessas informações, verifica-se que o mercado de trabalho do engenheiro, em um futuro próximo, não será estabelecido apenas por interações com máquinas inteligentes, mas também exigirá, com o mesmo grau de importância, uma base forte de habilidades sociais que contemplem a capacidade de liderar equipes, com raciocínio lógico e senso crítico, a partir de uma boa capacidade de comunicação (MAISIRI *et al.*, 2019).

Nesse sentido, nota-se que os métodos de ensino-aprendizagem aplicados pelas instituições de ensino superior sofrerão mudanças significativas e deverão acompanhar os ciclos de inovação trazidos pela Indústria 4.0. Em relação a essas mudanças, Zakoldaev *et al.* (2019) mencionam a necessidade de desenvolver a autonomia dos alunos através da flexibilização curricular. Esse cenário exige que padrões educacionais da engenharia propiciem um ambiente de aprendizagem que fortaleça o senso crítico dos alunos para lidar com problemas complexos, tomadas de decisões e negociações corporativas em ambientes competitivos (RICHERT *et al.*, 2016).

No campo das competências listadas pela Indústria 4.0, tomar decisões assertivas, fundamentadas em conhecimentos empresariais e mercadológicos (I7) não foi associado com

nenhuma das competências das DCNs. Esse fato é bastante crítico, pois o contexto das mudanças esperadas para o mundo industrial, com a introdução de novos modelos de negócios e novas organizações empresariais, requer dos modelos curriculares da engenharia não só ampliação de conhecimento e conjunto de habilidades, mas uma maior interação com um novo mercado de trabalho (SACKEY; BESTER, 2016; SACKEY; BESTER; ADAMS, 2017; JOGANA *et al.*, 2020). A formação do engenheiro-empresário é muito discutida no âmbito das DCNs, todavia, não há nenhum direcionamento explícito quanto aos conhecimentos empresariais e mercadológicos, até então pouco explorado na maioria dos cursos de engenharia, principalmente nas modalidades mais tradicionais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria 4.0 propicia um cenário de grande avanço tecnológico e traz mudanças significativas nos padrões de negócios, nas interações sociais e na formação de profissionais. A digitalização e integração das cadeias de valor de produtos e/ou serviços possibilitam que a tecnologia da informação, máquinas e humanos estejam conectados interagindo em tempo real. Nesse sentido, a dinâmica da formação dos engenheiros para Indústria 4.0 e o debate sobre o papel das IES são necessários para a formação de profissionais suficientemente qualificados que atendam às demandas que emergem no mercado de trabalho.

À luz dessas considerações, esse trabalho realizou uma análise preliminar comparativa entre as principais competências profissionais exigidas pela Indústria 4.0 e aquelas mencionadas nas novas DCNs para os cursos de Engenharia (BRASIL, 2019a). Com isso, verificou-se que a maioria das competências da Indústria 4.0 possui uma relação estreita com as DCNs, com destaque para atuação de forma empreendedora, criativa e com a mente aberta (*open-minded*) na busca por soluções inovadoras para os problemas de engenharia.

À luz dessas considerações, infere-se que as competências listadas pelas DCNs são contempladas pela maioria das competências exigidas pela Indústria 4.0 (71 %). Entretanto, notou-se que quatro competências específicas precisam ser consideradas e contempladas no ensino de engenharia.

Por fim, ressalta-se que a pluralidade dos cursos de engenharia no Brasil em relação às modalidades, infraestrutura, perfil dos alunos e do quadro docente pode implicar em desafios na operacionalização das estratégias de ensino-aprendizagem exigidas para o desenvolvimento das competências da Indústria 4.0, transpondo a simples "readequação" dos PPCs. Esse é um possível tema a ser explorado em trabalhos futuros.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

ABELE, E. *et al.* Learning Factories for Research, Education, and Training. **Procedia CIRP**, v. 32, p. 1–6, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.187>.

ALMEIDA-FILHO, N. de. Competência tecnológica crítica em Saúde. **Interface - Comunicação, Saúde, Educação**, v. 22, n. 66, p. 667–671, set. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-57622018.0257>.

ANGELO, D. M. P.; GIANESE, I. G. N. O projeto pedagógico para as novas diretrizes curriculares de engenharia. In: OLIVEIRA, V. F. (org.). **A Engenharia e as novas DCNs: oportunidades para formar mais e melhores engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2019. p. 86-103.

BAENA, F. *et al.* Learning Factory: The Path to Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. 9, p. 73–80, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.022>.

BENEŠOVÁ, A.; TUPA, J. Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. 11, p. 2195–2202, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.366>.

BIAŁOŃ, L.; WERNER, K. Fourth industrial revolution and managers' cognitive competences. **Marketing of Scientific and Research Organizations**, 28 mar. 2018. <http://doi.org/10.14611/minib.27.03.2018.10>.

BRASIL. Ministério da Educação - MEC. Conselho Nacional de Educação – CNE/Câmara de Educação Superior – CES. Parecer CNE/CES nº 1/2019: Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 157, n. 77, p. 109-110, 23 abr. 2019a.

_____. Ministério da Educação - MEC. Conselho Nacional de Educação – CNE/Câmara de Educação Superior – CES. Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 157, n. 80, p. 43-44, 26 abr. 2019b.

CARBONE, P. P.; BRANDÃO, H. P.; LEITE, J. B.; VILHENA, R. M. **Gestão por competências e gestão do conhecimento**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2005.

CONCEIÇÃO, C. S. Da revolução industrial à revolução da informação: uma análise evolucionária da industrialização da América Latina. Tese (Doutorado em Economia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de Pós-graduação em Economia, Porto Alegre, 2012.

DRATH, R.; HORCH, A. Indústria 4.0: Hit or hype? IEEE Industrial Electronics Magazine, v.8, n.2, p. 56-58, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rainer_Drath/publication/263285662_Industrie_40_Hit_or_Hype_Industry_Forum/links/5909965e458515ebb495dde7/Industrie-40-Hit-or-Hype-Industry-Forum.pdf.

ESTRADA, O. A. G; RAMÍREZ, J. F. C; HERNÁNDEZ, W. P. **Journal of Physics: Conference Series**. Virtual tool for training and evaluation of problem-based engineering subjects. IOP Publishing, 2019. *E-book*.

GEHRKE *et al.* Industry 4.0: A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective. 2015. Disponível em: http://www.vdi.eu/fileadmin/vdi_de/redakteur/karriere_bilder/VDI-ASME_2015_White_Paper_final.pdf. Acesso em: 5 dez. 2017.

GIL, A. C. **Método e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2019.

JOGANA, M. A; GARBA, T. M; MUKHTAR, N. Appraisal of the Relevance of Polytechnic Higher National Diploma Building Technology Curriculum for Effective Occupational Skills Acquisition in Nigeria. **Universal Journal of Educational Research**. EUA, v. 8, n. 3, p. 48-59, 2020.

KAGERMANN, H., WAHLSTER, W., HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. National Academy of Science and Engineering, German Research Center for Artificial Intelligence, Deutsche Post AG, 2013.

LI, G.; HOU, Y.; WU, A. Fourth Industrial Revolution: technological drivers, impacts and coping methods. **Chinese Geographical Science**, v. 27, n. 4, p. 626–637, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11769-017-0890-x>.

MAISIRI, W; DARWISH, H; VAN DYH, L. An Investigation of Industry 4.0 Skills Requirements. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 30, n. 3, nov. 2019. <http://dx.doi.org/10.7166/30-3-2230>.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**: planejamento, execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração e interpretação de dados. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MORAES, A.; DELGADO, D. B. M; MELO, F. G. Ensino de Competências Transversais nos Cursos de Engenharia No Brasil: Um Estudo Comparativo a Partir do Conceito ENADE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45, 2017, Joinville. **Anais [...]**. Joinville: UDESC/UNISOCIESC, 2017.

MOTYL, B.; BARONIO, G.; UBERTI, S.; SPERANZA, D.; FILIPPI, S. How will Change the Future Engineers' Skills in the Industry 4.0 Framework? A Questionnaire Survey. **Procedia Manufacturing**, v. 11, p. 1501–1509, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.282>.

NATIONAL ENGINEERING EDUCATION RESEARCH – NEER. The research agenda for the new discipline of engineering education. **Journal of Engineering Education**, v. 95, n. 4, p. 259–261, 2006. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00900.x>.

REDISH, E. F.; SMITH, K. A. Looking Beyond Content: Skill Development for Engineers. **Journal of Engineering Education**, v. 97, n. 3, p. 295-307, 2008. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2008.tb00980.x>.

RESENDE, E. **O Livro das Competências** – Desenvolvimento das Competências: a Melhor AutoAjuda para Pessoas, Organizações e Sociedade. Qualitymark. Rio de Janeiro, 2000.

RICHERT, A. *et al.* Educating engineers for industry 4.0: Virtual worlds and human-robot-teams: Empirical studies towards a new educational age. *In: 2016 IEEE GLOBAL ENGINEERING EDUCATION CONFERENCE - EDUCON*. Abu Dhabi, 2016. **Anais [...]**. Abu Dhabi: IEEE, 2016. <https://doi.org/10.1109/educon.2016.7474545>.

SACKEY, A. M.; BESTER, A. Industrial Engineering Curriculum In Industry 4.0 In A South African Context. **Journal of Industrial Engineering**, South African, v. 27, n. 4, p. 101-114, 2016.

SACKEY, S. M.; BESTER, A.; ADAMS, D. Industry 4.0 learning factory didactic design parameters for industrial engineering education in south Africa. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 28, n. 1, p. 14-124, 2017. <https://doi.org/10.7166/28-1-1584>.

SALLATI, C; BERTAZZI, J. A; SCHUTZER, K. Professional skills in the Product Development Process: the contribution of learning environments to professional skills in the Industry 4.0 scenario. **Procedia CIRP**. v. 84, p. 203-208, 2019.

SANTOS, T. D. L. P. **Competências profissionais na Indústria 4.0: uma revisão sistemática**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Departamento de Administração, Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2019.

SCHUSTER, K. *et al.* (2015). Preparing for Industry 4.0: Testing Collaborative Virtual Learning Environments with Students and Professional Trainers. **International Journal of Advanced Corporate Learning**, v. 8, n. 4, p. 14. <https://doi.org/10.3991/ijac.v8i4.4911>.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SENGE, P. M. **A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende**. São Paulo: BestSeller, 2012.

SILVA, B. J; SILVA, I. N; BILESSIMO, S; Technological Structure for Technology Integration in The Classroom, Inspired by The Maker Culture. **Journal of Information Technology Education: Research**. v. 19, p. 167-204, 2020.

WORLD ECONOMIC FORUM – WEF. **The future of jobs: employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution**. Report, 2016. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf. Acesso em: 23 maio. 2020.

ZAKOLDAEV, D. A; SHUKALOV, A. V; ZHARINOV, I. O; GRUNICHEVA, J. V. **Journal of Physics: Conference Series**. Education management to prepare the specialists for the industrial companies Industry 4.0. IOP Publishing, 2019. *E-book*.

ENGINEERING EDUCATION IN FACE OF THE PROFESSIONAL SKILLS REQUIRED BY INDUSTRY 4.0

Abstract: *The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0) brings with great transformations in the professional scenario, consequently, it implies the challenge of training qualified labor to meet the requirements of a new configuration of work environments. Engineering education must be in line with these transformations due to its affinity to technological development and the need to develop in its students the new skills that are required of them. In this context, the new Brazilian Curriculum Guidelines for Engineering Education (DCNs) bring together eight general skills that should be part of the curriculum of future engineers. Therefore, the purpose of this paper is to present a comparative analysis between the main professional skills required by Industry 4.0 and those mentioned in the new BCGEE. We conducted an exploratory and descriptive research, being qualitatively supported by a bibliographic and documentary analysis. In general, the results show that the relationship between skills is quite satisfactory, considering that most of the Industry 4.0 skills are covered by the DCNs (approximately 71 %). The skills not covered by the DCNs are related to notions of programming language and data security; business and marketing knowledge to support assertive decision-making process; flexibility and adaptability to working environments; emotional intelligence; and critical sense to evaluate corporate decisions and negotiations, based on negotiation and persuasion techniques. We expected that these results contribute, even if minimally, to the readjustment of the engineering education curriculum within the scope of Industry 4.0.*

Keywords: *Professional skills. Brazilian Curriculum Guidelines for Engineering Education. Industry 4.0. Fourth Industrial Revolution.*