



**cgée**

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
*Ciência, Tecnologia e Inovação*

# **Saberes técnicos e tecnológicos para uma sociedade em transformação: novos modos de formação profissional para novos modos de produção industrial face às tecnologias disruptivas**

Documento elaborado em atendimento à demanda feita pelo Grupo de Trabalho Capital Humano da Câmara Técnica da Indústria 4.0

**Supervisão**

*Luiz Arnaldo Pereira Jr.*

**Consultor**

*Gilberto Lacerda Santos*

**Equipe técnica do CGEE**

*Lucas Varjão Motta*

*Mayra Juruá Gomes de Oliveira*

*Thiago Silveira Gasser*

*Verena Hitner Barros*

Não circular

## **Ementa**

Revisão de literatura sobre o avanço das tecnologias disruptivas e seu impacto sobre a produção industrial, de modo geral. Elaboração teórica acerca da dinâmica de impacto da Indústria 4.0 em diferentes cadeias produtivas. Abordagem de estudos anteriormente feitos pelo CGEE como Recursos Humanos para CTI, Mapa da Educação Profissional e Tecnológica e Mapa da Educação Superior. Apresentação de estudo realizado junto a 20 gestores de Institutos Federais de Educação Tecnológica acerca do impacto da automação e das tecnologias digitais nos currículos dos cursos profissionalizantes de nível médio. As novas habilidades e competências necessárias aos estudantes do ensino médio com foco em sua formação profissional e tecnológica tendo em vista as transformações na indústria, com a incorporação de tecnologias disruptivas. Perspectivas e tendências futuras para o tema.

### **1. As tecnologias disruptivas e a emergência de novos modos de produção industrial**

O setor industrial vem acolhendo e impondo mudanças significativas desde que, pela primeira vez, revolucionou seus meios de produção, em decorrência da Revolução Industrial ocorrida entre 1760 e 1840. A partir daí, o avanço da indústria, tal como a conhecemos, passou a ser um fator determinante do modo de funcionamento das sociedades, alterando formas de organização econômica, modos de consumo de produtos, relações de poder entre os países industrializados e os demais, bem como as dinâmicas de formação para o trabalho. O surgimento da era digital — que tem como principais características a aplicação das tecnologias decorrentes da informática, especialmente da Internet, para os mais diversos fins — é o grande responsável por esse novo cenário.

É nesse contexto da emergência de inovações no setor produtivo que surge a expressão “Indústria 4.0”, também chamada de 4.<sup>a</sup> Revolução Industrial, termo que faz alusão à utilização de processos, dispositivos, técnicas e ferramentas desenvolvidos a partir da combinação de tecnologias físicas, biológicas e digitais para produzir bens de consumo e serviços operacionais. As mudanças já constatadas e previstas nos processos de produção são imensas e acontecem de forma bastante concentrada, abrupta, de modo que o termo “disrupção”, que se refere à interrupção do curso normal de um processo, passa a ser universalmente empregado para designá-las. Fala-se, então, em mudanças disruptivas, em tecnologias disruptivas, em inovações disruptivas, suscetíveis de

romperem com os padrões, modelos ou tecnologias já estabelecidos no mercado, impactando todos os setores, incluindo aqueles tradicionais como o agronegócio. A disrupção decorre do conceito de “destruição criativa”, cunhado pelo economista austríaco Joseph Schumpeter em 1939 para explicar os ciclos de negócios. Nesta perspectiva, Christensen (2013) passou a empregar o termo ao vislumbrar que o capitalismo funciona igualmente em ciclos e que cada nova revolução (industrial ou tecnológica) destrói a anterior e toma seu mercado, trazendo consigo elementos de mudança que, no caso da Indústria 4.0, são os seguintes: aumento na rapidez do processamento de informações; monitoramento remoto de equipamentos; aumento na transparência de processos produtivos; diminuição de distância entre a gestão da empresa e o chão de fábrica; surgimento de máquinas autônomas com capacidade de operar e de programar manutenções; independência manufatureira decorrente do emprego de impressoras 3D; diminuição de custos de produção decorrente da automação inteligente de procedimentos industriais; rapidez na apropriação de inovações tecnológicas; economia de energia e otimização de recursos naturais; uso de repositórios digitais em nuvem; drástica diminuição de erros em decorrência da diminuição da intervenção humana; customização de produtos de acordo com especificidades e demandas de grupos de clientes, dentre outros.

Nesta perspectiva, a Indústria 4.0 designa o panorama dos padrões produtivos inovadores, disruptivos, definidos por um conjunto de tecnologias emergentes (nanotecnologia, neurotecnologia, biotecnologia, robótica, inteligência artificial, armazenamento de energia, dentre outros), as quais não definem isoladamente o movimento, que é decorrente da sinergia de todas elas. O movimento da Indústria 4.0 coloca em pauta o conceito de "fábrica inteligente" em que todo o processo de disponibilização de um produto deve estar integrado a processos digitais e robóticos em uma dinâmica baseada em três características básicas: elas devem ser responsivas, flexíveis e conectadas. A fábrica inteligente quebra paradigmas seculares nos processos produtivos ao incluir ferramentas tecnológicas, sensores, robôs, automatização, a fim de que as operações deixem de ser lineares e sequenciais e passem a ser um sistema interconectado e aberto, que está sendo denominado como cadeia de fornecimento digital (digital supply network). Em consequência, a fábrica inteligente demanda trabalhadores quem também tenham passado por processos formativos que quebraram paradigmas, que deram passos avante, se libertaram do modo de formação proposto pela sociedade industrial (sequencia, linear, ritmado, homogêneo, cadenciado) e avançaram para o modo de formação proposto pela sociedade digital (concomitante, criativo, dinâmico, heterogêneo, flexível). Em outras palavras, a fábrica dotada de inteligência digital e disruptiva requer trabalhadores dotados de inteligências condizentes com as novas formas de funcionamento do chão de fábrica.

O emprego dos padrões de funcionamento da Indústria 4.0 no setor industrial vem surgindo desde a primeira década do século XXI, conforme indica a figura seguinte (Figura 1), na qual se pode vislumbrar também os fatores de inovação que caracterizaram cada Revolução Industrial:

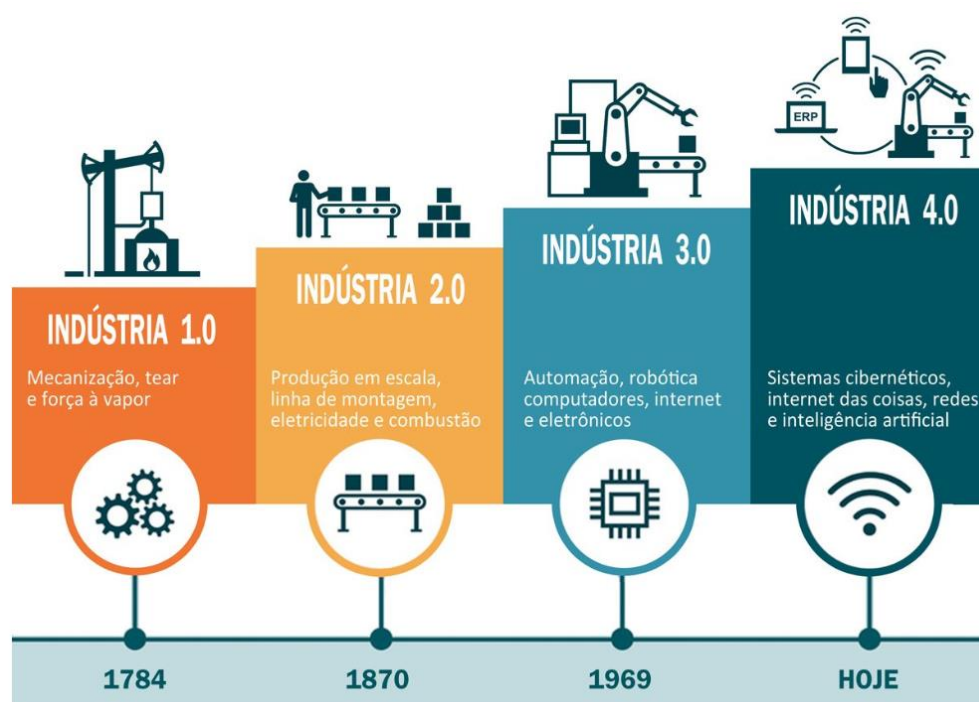


Figura 1: As Revoluções Industriais (Fonte: [www.anadi.com.br](http://www.anadi.com.br))

Tal padrão funcionamento está relacionado com um conjunto de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Tais tecnologias habilitadoras formam um ecossistema ciberfísico que permite a constituição da fábrica inteligente em que especialmente a automação, a otimização e a convergência são pré-requisitos da transformação digital, de forma a impactar toda a cadeia de valor (tecnologias, processos e pessoas). Na verdade, o conceito de Indústria 4.0 se refere à interconexão de toda esta cadeia de valor à partir da introdução, na planta industrial, das tecnologias habilitadoras citadas. Segundo o relatório do Boston Consulting Group (BCG, 2019), são nove as principais tecnologias da indústria 4.0, sendo estas determinantes da produtividade e crescimento das indústrias (Figura 2):

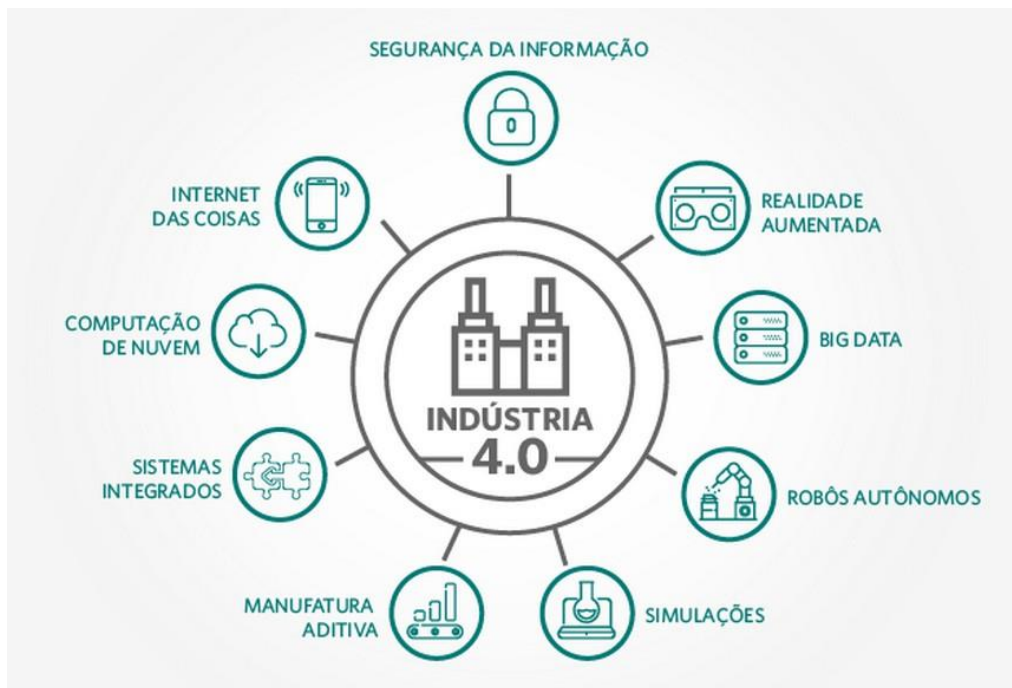


Figura 2: Tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 (Fonte: [www.anadi.com.br](http://www.anadi.com.br))

### **Realidade aumentada**

A Realidade Aumentada na indústria permite que as empresas adicionem camadas de informações virtuais ao mundo real e é uma das soluções tecnológicas mais transformadoras utilizadas atualmente. Utilizando recursos de Realidade Aumentada, é possível, por exemplo, enviar instruções de montagem via celular para o desenvolvimento de peças de protótipo e utilizar óculos de realidade aumentada para a gestão e operação de determinadas máquinas, melhorando procedimentos de trabalho.

### **Big Data**

Big Data é a análise e a interpretação de grandes volumes de dados de grande variedade. Para isso são necessárias soluções específicas para Big Data que permitam a profissionais de TI trabalhar com informações não-estruturadas a uma grande velocidade. O uso de Big Data na indústria 4.0 pode ser entendido como uma busca constante de integrar dados gerados pela sua fábrica, pelos seus colaboradores, pelos processos internos e pela linha de produção. Tudo isso é feito com foco em gerar informações para acompanhamento e tomada de decisões em tempo real.

## **Robôs autônomos**

Robôs são utilizados há muito tempo na indústria, mas o diferencial do robô da Indústria 4.0 está na capacidade de trabalhar sem a supervisão humana, agindo de forma inteligente, cooperativa e autônoma. A utilização de robôs autônomos reduz custos com mão-de-obra e aumenta a produção, tornando as indústrias mais competitivas.

## **Simulações**

Na indústria 4.0, a simulação computacional é utilizada em plantas industriais para análise de dados em tempo real, aproximando o mundo físico e virtual, e no aperfeiçoamento em configurações de máquinas para testar o próximo produto na linha de produção virtual antes de qualquer mudança real, gerando otimização de recursos, melhor performance e mais economia.

## **Manufatura aditiva (ou Impressão 3D)**

Também conhecida como impressão em 3D, este pilar envolve a produção de peças a partir de camadas sobrepostas de material, normalmente em forma de pó, para se obter um modelo 3D. Esta estratégia pode ser utilizada para criar produtos personalizados que oferecem vantagens de construção e desenhos complexos.

## **Sistemas integrados**

Atualmente, nem todos os sistemas são totalmente integrados, faltando uma coesão entre empresa-clientes e até mesmo o processo de produção de uma indústria carece de uma integração plena. A indústria 4.0 propõe uma melhor harmonia entre todos que façam parte do ecossistema, garantindo uma gestão integral de experiência para que cadeias de valor sejam realmente automatizadas.

## **Computação na Nuvem**

O número de tarefas relacionadas à produção de bens e serviços na Indústria tem crescido cada vez mais, demandando o uso de aplicativos e dados compartilhados entre diferentes localidades e sistemas para além dos limites dos servidores de uma empresa. A computação em nuvem fornece

recursos que refletem em uma importante redução de custo, tempo e eficiência na execução destas tarefas.

### **Internet das Coisas (IoT)**

A internet das coisas (em inglês, IoT – Internet of Things) consiste na conexão entre rede de objetos físicos, ambientes, veículos e máquinas por meio de dispositivos eletrônicos embarcados, permitindo uma coleta e troca de informações mais rápida e efetiva. Na indústria de produtos e serviços, a IoT representa a integração de tecnologias que antes não estavam conectadas e que agora estão interligadas por meio de uma rede baseada em IP.

### **Segurança da Informação**

A indústria do futuro demanda que todas as áreas da empresa estejam conectadas, tanto as redes corporativas (TI) quanto as de automação e operacionais (TA). Desta forma, é fundamental que as empresas contem com sistemas de cibersegurança robustos para proteger sistemas e informações de possíveis ameaças e falhas que podem causar transtornos na produção.

De acordo com a teoria especializada no tema, bem como os diversos observatórios da indústria pelo mundo afora, a adoção destas tecnologias habilitadores, em conjunto ou individualmente, possibilitará ganhos significativos em produtividade, qualidade, sustentabilidade, além da redução do custo de operação e manutenção das empresas, levando-as ao patamar da Indústria 4.0. Todavia, é preciso considerar também a qualificação do fator humano que deverá operar as tecnologias habilitadoras e disruptivas com criatividade, comportamento inovador e compreensão. A tal ponto que talvez seja pertinente inserir neste rol uma tecnologia intangível, mas fundamental: a qualificação do fator humano da indústria.

Uma rápida revisão de literatura recente sobre a matéria revela a pujança deste movimento de mudança estrutural na indústria de vários países e regiões do mundo.

Em 2017, o “Global Employment Institute”, do Reino Unido, divulgou um amplo estudo sobre os impactos da Robótica e da Inteligência Artificial sobre o emprego (IBA GEI, 2017). O trabalho



ênfatiza que estamos diante de um fenômeno global irreversível, que é crucial que os sistemas de educação profissional de todo o mundo invistam na empregabilidade por meio da formação para o desenvolvimento de novas habilidades laborais e socioemocionais requeridas pelo novo modo de funcionamento da indústria. Na Alemanha, onde há um impressionante avanço da automação industrial, o termo “Indústria 4.0” é objeto de diversos projetos estatais para promover o desenvolvimento de tecnologias de ponta suscetíveis de adequar a indústria de transformação para os novos padrões manufatureiros e, ao mesmo tempo, manter empregabilidade dos trabalhadores (IAB, 2015). Na China, o conceito de “Made in China 2025” foi adotado pela Academia Chinesa de Engenharia (CAE) no início de 2014 e implica justamente na adoção massiva dos princípios da Indústria 4.0 em todo o setor industrial do país. Um plano estratégico foi elaborado e aprovado pelo Conselho de Estado Chinês e tem como meta revolucionar o setor manufatureiro do país até 2025 por meio da robotização e da automação (CHINA, 2015). Na União Europeia, de modo geral, o avanço da Indústria 4.0 constitui um fenômeno amplo e de grande envergadura, que já altera todos os padrões de produção industrial da região. Em consequência, já é observada uma diminuição significativa do número de empregos com baixa e média qualificação, em decorrência do avanço deste novo modo de produção industrial. O uso de robôs vem reduzindo significativamente o custo da mão-de-obra e a probabilidade de erro humano, enquanto a inteligência artificial começa a substituir o fator humano, mesmo em trabalhos que exigem contato pessoal, como vendas e atendimento ao cliente. Por sua vez, o Banco Mundial estima que o aumento da automação eliminará 57% dos empregos nos países da OCDE, 47% dos empregos nos Estados Unidos e 77% dos empregos na China. No entanto, o estudo do Banco Mundial constata que, em todos os países, a força de trabalho mais instruída e altamente qualificada consegue se adaptar melhor aos novos requisitos tecnológicos, enquanto trabalhadores menos instruídos e com baixa qualificação são onerados pela automação, estando mais expostos à perda de renda e ao desemprego (BANCO MUNDIAL, 2018). Na região da América e Caribe, o avanço da Indústria 4.0 está em fase incipiente e corre-se o risco de se ampliar, na próxima década, o diferencial tecnológico em relação aos países avançados nos próximos anos. Os principais países da região ainda não alcançaram as capacidades mínimas nas tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Conforme dados do Observatório Latinoamericano da Indústria 4.0 (<https://www.laindustria4.org/>), apesar da existência de “ilhas de inovação industrial” em diversas regiões de vários países, o atraso tecnológico na América Latina se reflete em um baixo nível de digitalização dos setores industriais, apesar do elevado potencial de mudança estrutural oferecido pela emergência desse novo padrão de produção industrial. No âmbito específico do Brasil, a Agenda Brasileira para a Indústria 4.0, da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) (<http://www.industria40.gov.br/>), sensível ao incremento deste movimento no país, propõe uma agenda para que as empresas brasileiras se insiram na Quarta Revolução Industrial e, em decorrência, experimentem uma nova onda de transformação. Consequentemente, as

tecnologias disruptivas, associadas às abordagens de melhoria contínua e otimização de processos produtivos, colocarão desafios cruciais em termos de desenvolvimento e atualização da força de trabalho. A introdução, nas empresas brasileiras, das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 terá consequências importantes nas habilidades necessárias para ocupar vários cargos em oito setores, conforme aponta o Mapa do Trabalho Industrial (SENAI, 2018).

No setor automotivo, as tecnologias disruptivas demandam que a força de trabalho tenha conhecimentos em mecânica de veículos híbridos, em telemetria, em programação de unidades de controles eletrônicos e em tecnologia de informática veicular. No campo das Tecnologias da Informação e Comunicação, os conhecimentos técnicos e tecnológicos deverão focar nas cinco tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, citadas acima. No setor de alimentos e bebidas, as demandas de formação técnica e tecnológica avançam em direções como a impressão de alimentos em impressoras 3D, a manipulação de elementos de robótica, o uso de tecnologias de rastreabilidade de alimentos e nos novos materiais para embalagens. O setor de máquinas e ferramentas deverá requerer técnicos e tecnólogos com formação em tecnologias 3D, em operação de máquinas inteligentes e de controle remoto e em manutenção de dispositivos automáticos. A construção civil também será impactada na medida em que será preciso avançar na integração de sistemas de automação predial, nas técnicas de construção seca, na gestão inteligente de logística, na exploração de novos materiais etc. A produção química e a Petroquímica serão permeadas por saberes referentes às análises instrumentais automatizadas, à nanotecnologia, à computação em nuvem e à robotização de processos. A indústria têxtil e do vestuário requererá profissionais capazes de trabalhar com tecidos avançados, de manusear máquinas mais e mais sofisticadas e autônomas e de dominar novas metodologias de engenharia de fibras têxteis. Por sua vez, a indústria de petróleo e gás será perpassada por conhecimentos em robótica, em controle remoto, em sistemas digitais em rede etc. No ambiente do agronegócio, fala-se em Agricultura 4.0 tendo em vista as interfaces cada vez mais amplas desse campo com recursos inteligentes, tecnologias de drones, impressão 3D, sensoriamento de animais, realidade aumentada, realidade virtual, equipamentos robotizados, aplicativos etc. Eis aí alguns exemplos que impactam tanto os procedimentos de formação inicial da força de trabalho, obtida nos sistemas formais de ensino, quanto os procedimentos de formação continuada, eventualmente oferecida nos meios industriais para a atualização/adaptação de seus quadros face às inovações que estão sendo inseridas nas linhas de montagem, nos ambientes de trabalho, na fábrica e no campo.

Estes e outros exemplos apontam para a emergência de um novo modo de produção industrial que, naturalmente, têm muitas consequências: a mudança é agora um estado permanente, novas

profissões surgem e um novo modo de formação profissional e tecnológica é requerido. Exemplos que apontam também para a pertinência de se considerar o fator humano como mais uma “tecnologia” habilitadora da Indústria 4.0, sem a qual nenhum movimento de mudança encontra patamar, base ou sustentação. As tecnologias disruptivas vão fomentar a criação de uma miríade de novos negócios e transformar o mercado de trabalho. As pessoas terão um processo contínuo de aprendizado ao longo de vida e deverão estar, permanentemente, em situação de requalificação a fim de acessarem e desenvolverem novas competências.

A implementação e o crescimento da indústria 4.0 no país já estão proporcionando a modernização dos postos de trabalho, assim como levando à necessidade de criação de novas funções profissionais no universo corporativo. Isso significa que o mercado de trabalho nacional vem recebendo os reflexos do contexto produtivo criado por esse novo formato industrial, de modo que cabe aos profissionais se prepararem para isso. No que diz respeito ao surgimento de novas profissões de nível técnico, o estudo do SENAI (2018)), aponta diversas ocupações que ganham relevância e que surgem, por segmento industrial.

A título de exemplo, no âmbito do setor automotivo, ganham relevância, mediante o impacto das tecnologias digitais e disruptivas as ocupações de Eletromecânico de Automóveis, que realiza manutenção e instalação de sistemas multimídia e de conectividade; calibra sensores do sistema de segurança e mecanismo de mudança e embreagem automatizadas; o Mecânico de Automóveis Leves, que inspeciona e repara veículos híbridos, elétricos e direção elétrica; o Mecânico de manutenção automotiva, que atua nos sistemas de reaproveitamento de energia, de telemetria aplicada a mobilidade, bem como na utilização de tecnologias da informação mais complexas no diagnóstico e reparação de automóveis; e o Técnico em manutenção automotiva, cuja função é a de programar centrais (chaves, alarme, multimídia de navegação, injeção eletrônica, via scanner e ou computador). Já dentre as ocupações novas, que surgem no âmbito da Indústria 4.0, temos o Mecânico de veículos híbridos, que realiza diagnósticos de motores a combustão interna e/ou elétricos e todas as atividades de manutenções preditiva e preventiva de veículos híbridos; o Mecânico especialista em telemetria, que tem a função de programar computadores e realizar diagnóstico e reparo em redes eletrônicas; o Programador de unidades de controles eletrônicos, que acessar e reprograma unidades de controle eletrônico por meio de protocolos de comunicação via scanner ou interfaces; que diagnostica e analisa dados de testes para sistemas automotivos, subsistemas ou componentes; e, por fim, o Técnico em informática veicular, a quem compete inspecionar ou testar partes de veículos para determinar a natureza ou a causa de defeitos ou

avarias, bem como instalar equipamentos para testes, motores ou acessório e customizar funcionalidades do veículo.

Já no âmbito do segmento das Tecnologias de Informação e Comunicação, ganha relevância a formação técnica em programação de jogos digitais, voltada para o domínio das técnicas e códigos para criação de aparatos digitais lúdicos; o Programador Multimídia, que projeta e implementa medidas para a segurança de websites, propõe linguagens de programação, ferramentas de projeto ou aplicativos para desenvolvimento de softwares; o Técnico em Desenvolvimento de Sistemas, que avalia interfaces entre hardware e software, desenvolve especificações e requisitos de desempenho e faz uso de ferramentas de desenvolvimento de software; e o Técnico em Redes de Computadores, responsável pelo diagnóstico e solução de problemas de hardware, software, ou outros de rede e de sistema e pela substituição de componentes defeituosos, planejamento, coordenação e implementação de medidas de segurança de rede para proteger os dados, software e hardware. No que se refere às ocupações novas neste seguimento, surgidas em decorrência da disrupção que dá forma à Indústria 4.0, temos o Analista de Internet das Coisas, responsável pelo desenvolvimento de soluções de sistemas embarcados para sensoriamento e pela integração de hardware e software por meio da internet; temos o Engenheiro de Cibersegurança, a quem competirá realizar testes e outras ferramentas de segurança cibernética para manter a empresa segura contra ameaças internas e externas; o Analista de Segurança e Defesa Digital, que identificará riscos existentes ou em potencial que impactam a segurança de informações e que desenvolverá controles ou ações para mitigar riscos de segurança de informações; o Especialista em Big Data, que analisará grandes quantidades de dados minerados no meio digital, a fim de analisar o processo produtivo e orientar tomadas de decisão estratégicas; e o Engenheiro de Softwares, profissional capaz de automatizar, centralizar e otimizar todos os processos de uma fábrica, recorrendo a softwares feitos sob medida (customizados).

O quadro apresentado a seguir (Figura 3), apresenta as novas ocupações identificadas no estudo do SENAI (2018) para os 8 segmentos industriais considerados:

### NOVAS PROFISSÕES EM OITO ÁREAS

<b>AUTOMOTIVO</b>	<b>TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecânico de veículos híbridos</li> <li>• Mecânico especialista em telemetria</li> <li>• Programador de unidades de controles eletrônicos</li> <li>• Técnico em informática veicular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analista de IoT (internet das coisas)</li> <li>• Engenheiro de cibersegurança</li> <li>• Analista de segurança e defesa digital</li> <li>• Especialista em big data</li> <li>• Engenheiro de softwares</li> </ul>
<b>ALIMENTOS E BEBIDAS</b>	<b>MÁQUINAS E FERRAMENTAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnico em impressão de alimentos</li> <li>• Especialista em aplicações de TIC para rastreabilidade de alimentos</li> <li>• Especialista em aplicações de embalagens para alimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projetista para tecnologias 3D</li> <li>• Operador de High Speed Machine</li> <li>• Programador de ferramentas CAD/CAM/CAE/CAI</li> <li>• Técnico de manutenção em automação</li> </ul>
<b>CONSTRUÇÃO CIVIL</b>	<b>QUÍMICA E PETROQUÍMICA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrador de sistema de automação predial</li> <li>• Técnico de construção seca</li> <li>• Técnico em automação predial</li> <li>• Gestor de logística de canteiro de obras</li> <li>• Instalador de sistema de automação predial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnico em análises químicas com especialização em análises instrumentais automatizadas</li> <li>• Técnico especialista no desenvolvimento de produtos poliméricos</li> <li>• Técnico especialista em reciclagem de produtos poliméricos</li> </ul>
<b>TÊXTIL E VESTUÁRIO</b>	<b>PETRÓLEO E GÁS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnico de projetos de produtos de moda</li> <li>• Engenheiro em fibras têxteis</li> <li>• Designer de tecidos avançados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especialista em técnicas de perfuração</li> <li>• Especialistas em sismologias e geofísica de poços</li> <li>• Especialistas para recuperação avançada de petróleo</li> </ul>

Figura 3: Novas profissões em oito áreas (SENAI, 2018)

Todavia, as competências e habilidades demandadas pelas novas profissões não se restringem àquelas de natureza técnica. A empregabilidade no âmbito da Indústria 4.0 implica no domínio de três principais famílias de habilidades: as habilidades técnicas, as habilidades colaborativas e as habilidades cognitivas.

As habilidades técnicas consistem em saber como usar as tecnologias disruptivas de maneira eficaz, eficiente, segura e adequada. Elas são necessárias para a exploração de novos contextos digitais e para a solução de problemas usando as ferramentas digitais oferecidas no trabalho emergente.

As habilidades colaborativas e socioemocionais estão relacionadas à capacidade dos indivíduos em colaborar e resolver problemas em ambientes de trabalho delimitados pelas tecnologias digitais. São conhecimentos, habilidades e atitudes que permitem que os funcionários interajam efetivamente entre si digitalmente. Concretamente, elas exigem que cada funcionário tenha um entendimento abrangente de sua própria função e de seu impacto sobre outros usuários de sistemas e processos. Elas se referem à compreensão dos problemas associados à segurança cibernética e

à confidencialidade dos dados. Essas habilidades consistem em receber, modificar e transmitir informações por vários meios digitais em uma dinâmica de trabalho colaborativo.

As habilidades cognitivas estão relacionadas à capacidade de selecionar, interpretar e avaliar informações digitais. O domínio das habilidades digitais envolve a detenção de conhecimentos, habilidades e atitudes necessárias para ler, localizar, selecionar, interpretar, integrar, criar, armazenar, avaliar e avaliar os dados gerados ou capturados pelos sistemas da empresa. Portanto, essas habilidades se referem à alfabetização e ao letramento em um ambiente digital.

Essas três principais famílias de habilidades digitais interagem entre si e acenam para que se delimite a qualificação do fator humano na indústria como uma das tecnologias habilitadoras incontornáveis para que a Indústria 4.0 seja possível. Portanto, é necessário considerar este conjunto de habilidades em sua totalidade, posto que as mesmas são fundamentais para assegurar o trânsito do profissional de nível técnico no novo modo de produção industrial, que apresenta as características seguintes:

### **Descentralização**

Na indústria 4.0, as máquinas não irão depender da interferência humana para funcionarem. Elas contarão com sistemas ciberfísicos, capazes de tomarem decisões sozinhas, recebem informações de como o equipamento está funcionando e comandam a produção em tempo real.

### **Interoperabilidade**

É a capacidade dos sistemas ciberfísicos e humanos se comunicarem uns com os outros por meio da Internet das Coisas associada à computação em nuvem. Para isso, é importante que eles trabalhem com padrões abertos.

### **Orientação**

Com a Indústria 4.0, é possível reorganizar os departamentos. Com todos os setores alinhados, os gestores asseguram o suporte tecnológico necessário para a realização de entregas com qualidade e prazo.

### **Virtualização**

Outro fundamento das organizações inteligentes é a possibilidade de criar uma cópia virtual dos setores e simulações a fim de monitorar os processos que estão em implementação. Máquinas que usam a virtualização estão mais protegidas contra malwares e podem ser usadas para verificar atualizações, realizar ensaios com softwares e testar diferentes configurações antes de apresentar o resultado final. Assim, o custo total de operação é reduzido.

### **Tempo real**

A união da alta tecnologia com a virtualização usada na Indústria 4.0 possibilita fazer análises em tempo real. O conhecimento gerado é entregue de imediato, o que otimiza os resultados sem causar impactos negativos na performance. Algumas empresas já usam essa tecnologia para disponibilizar informações completas sobre o mercado financeiro, como cotações da bolsa de valores; índices, taxas e indicadores econômicos; moedas; entre outros.

### **Modularidade**

A modularidade permite que qualquer atividade da linha de produção seja alterada de imediato. Com a conexão e desconexão de diferentes módulos, as empresas podem fabricar um produto diferente do outro em sequência sem ter que reconfigurar todo o processo. A indústria automobilística, por exemplo, divide os veículos em módulos que facilitam a montagem dos produtos. Essa divisão não é genérica, mas sim específica para cada família de automóveis.

## **2. A educação profissional no sistema educacional para a indústria 4.0**

Considerando-se o exposto na seção anterior, importa entender o impacto da Indústria 4.0 sobre os sistemas brasileiros de formação de mão de obra de nível médio para o setor, de modo a se vislumbrar novos modos de formação profissional, articulados com as características dos novos modos de produção industrial apontados.

## 2.1 Experiência brasileira e experiência internacional

O cenário internacional neste campo aponta para uma revolução nos sistemas de formação, em consonância com o cenário dos meios industriais. Na Alemanha, por exemplo, onde 7,27 milhões de pessoas trabalham na indústria e no setor manufatureiro, o sistema dual de ensino profissional permite conciliar prática e teoria para aprender uma profissão e a adoção de ciclos formativos permite uma adaptação mais rápida às mudanças tecnológicas ocorridas no chão de fábrica. Na Inglaterra, adota-se cada vez mais modelos de formação que acontecem nas Indústrias, a fim de diminuir distâncias curriculares e, conseqüentemente, aumentar a pertinência da formação. No Canadá, o ensino médio profissionalizante, que acontece ao longo de dois anos entre o ensino médio propedêutico e o ensino superior, é extremamente focado em habilidades e conhecimentos decorrentes das tecnologias habilitadoras e disruptivas citadas acima.

O estudo realizado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) intitulado Mapa da Educação Profissional e Tecnológica do Brasil (CGEE, 2015) situa a experiência brasileira de formação profissional à luz de algumas tendências internacionais (Alemanha, Inglaterra, Canadá) e concluiu que um novo ciclo de política de educação profissional vem sendo delineado desde meados dos anos 2000. Este novo ciclo é delimitado por uma série de ações, programas, políticas públicas e iniciativas, tais como o Programa de Expansão da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica, que reúne os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia localizados em todos os estados; o Programa Brasil Profissionalizado, responsável por projetos de colaboração entre os governos federal e estaduais para a expansão e desenvolvimento das redes estaduais de educação profissional; a Rede e-Tec Brasil, que desenvolve cursos de formação e qualificação profissional na modalidade à distância em colaboração com as diferentes redes de educação profissional; o Acordo de gratuidade com os serviços nacionais de aprendizagem, no qual as instituições vinculadas ao “Sistema S” se responsabilizam em aumentar o número de vagas gratuitas oferecidas anualmente.; o FIES técnico e empresa, que financia cursos técnicos e de qualificação profissional em instituições privadas e no “Sistema S”; o Bolsa-Formação, que configura o principal programa no interior do Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (PRONATEC) e financia o oferecimento de cursos técnicos e qualificação profissional completamente gratuitos em instituições das redes federal, estadual, municipal e privada.

Apesar do documento conduzir ao entendimento acerca do atraso brasileiro neste âmbito, dada a efervescência da mudança de cenários no mundo do trabalho, já existe no Brasil a compreensão consolidada de que uma grande parte da nossa força laboral deve ser treinada mais intensivamente



e de forma mais contínua ao longo de sua vida e de que é cada vez mais importante que essa força de trabalho possua uma educação mais rica em qualificações analíticas gerais que permitam uma constante atualização da sua qualificação ao longo da vida profissional (CGEE, 2015). Esta é também uma das observações de Maria Lígia de Oliveira Barbosa (BARBOSA, 2018), em estudo realizado para o CGEE acerca da educação tecnológica no Brasil. Para a pesquisadora, esforços devem ser dirimidos para que se invista em especialização para aumento da empregabilidade, que se utilize modelos não acadêmicos de educação técnica, que se valorize a incorporação de saberes práticos e experienciais,

Por sua vez, e embora se referindo ao cenário da formação profissional de nível superior, o estudo, também realizado pelo CGEE, acerca da relação entre a dinâmica econômica e ocupações desse nível de ensino (CGEE, 2018), corrobora a importância crucial de investir em um novo ciclo de política de educação profissional de nível médio. De fato, o estudo enfatiza que, conforme a RAIS 2016, aproximadamente 48,6% dos vínculos empregatícios formais são ocupados por profissionais de nível médio completo. Se somados aos trabalhadores de nível médio que não possuem vínculo empregatício formal, temos aí mais de 50% da força de trabalho formal.

Estas e outras sinalizações indicam que as mudanças nos modos de produção industrial demandam importantes modificações nos modos de formação profissional. Em consonância com o conceito de Indústria 4.0, fala-se em Educação 4.0 (TANRIOGEN, 2018; FISK, 2017) para se referir a estes novos modos de formação, os quais priorizam a experiência prática e a experimentação, assim como a realização de projetos que permitam que os estudantes coloquem a mão na massa, em consonância com a Cultura “Maker”. Além disso, há uma valorização da criatividade, interdisciplinaridade, utilização de ferramentas tecnológicas na sala de aula, de metodologias ativas e criação de ambientes didáticos inovadores.

Esses novos modos de formação profissional demandam abordagens curriculares mais sistêmicas, com sinergia intensa com o mercado de trabalho e sua evolução. Demandam também uma sólida educação científica e tecnológica, que forme uma base igualmente sólida para subsidiar as atividades de ensino. Da mesma forma, demanda inovações em procedimentos de gestão do conhecimento acerca de competências e habilidades dos alunos. Por fim, demanda uma forte interação com as tecnologias digitais de informação, comunicação e expressão, suscetíveis de transformarem qualitativamente as relações educativas e de estabelecerem conexões entre a sala de aula e a sociedade em rápida transformação.

## 2.2 A visão de gestores de IFET

A fim de se delinear o cenário de surgimento desses novos modos de formação profissional, recorreremos a depoimentos coletados junto a 20 gestores de Institutos Federais de Educação Tecnológicas (IFET), consultados em uma roda de conversa realizada na Faculdade de Educação da Universidade de Brasília, em março de 2017, acerca do impacto da automação e das tecnologias disruptivas nos currículos dos cursos profissionalizantes de nível médio. As questões e as respostas encontram-se apresentadas e compiladas a seguir.

- i. Parte importante dos processos produtivos, no ambiente industrial, vem sofrendo drásticas mudanças. Como isto impacta a organização curricular dos cursos profissionalizantes de nível médio nos institutos federais?

De modo unânime, os gestores, que são também professores de diversas áreas técnicas e tecnológicas nos IFETs, estão preocupados com as mudanças e seu impacto potencial nos currículos. A própria pertinência da formação que os IFETs oferecem está em jogo. Mas, todos apontam que as mudanças curriculares são lentas, a resposta dos IFETs é lenta se comparada com a rapidez das mudanças e das demandas do mercado de trabalho. Os currículos deveriam ser mais ágeis e mais maleáveis, talvez modulados de modo que elementos mais diretamente relacionados com novos processos produtivos sejam mais rapidamente incorporados. Acaba-se ficando mais na teoria do que na prática em diversos discursos até mesmo porque uma abordagem empírica das mudanças tem implicações didáticas até nos modos de formação oferecidos, isto é, de atuação dos professores, o que não é simples, porque eles foram formados em outro paradigma. Tem também implicações nas máquinas e equipamentos de que dispomos para ensinar.

- ii. O impacto eventualmente existente ocorre em todas as áreas de formação com que o instituto federal lida?

Acontece em todas as áreas, mas não em todo o currículo. Impacta o trabalho de alguns professores de algumas disciplinas mais técnicas, porque os alunos terão, por exemplo, que estagiar em indústrias que usam máquinas e equipamentos e processos que não

disponíveis, que não oferecemos a eles. Se aborda muito mudanças comportamentais, como trabalhar em grupo, ser criativo, proativo etc. Mas, a indústria não pode prescindir de pessoas capazes de manipular novos objetos técnicos, de usar novos materiais, de apoiar processos de engenharia mais complexos e diferentes. É mais fácil permanecer no campo teórico do que avançar para a prática.

iii. Que mudanças foram efetivamente realizadas nos currículos?

Tudo é muito lento e depende muito dos colegiados dos professores. De modo geral, os IFETs inseriram nas grades curriculares disciplinas mais gerais, por onde todos passam, independentemente de sua área, para abordar questões como as novas habilidades de interação e comunicação, competências socioemocionais etc. É importante que os cursos integrem a ideia de que em um futuro próximo vai haver menos relações de trabalho permanentes e mais vínculos temporários, que incorporam um pouco padrões culturais que os jovens que entram hoje no mercado de trabalho já buscam voluntariamente. Competências de relacionamento, trabalho colaborativo, criatividade, interpretação de dados, empreendedorismo com competências de formação, associada a um trabalho em time no qual as pessoas colaboram porque estão comprometidas com o resultado reverte-se em inventividade, criatividade e o ambiente positivo cria uma cultura organizacional mais favorável para a geração de riqueza. As pessoas vão ter um processo contínuo de aprendizado ao longo de vida. Não precisam se requalificar permanentemente para adquirir novas competências. É claro que ainda é cedo, prematuro, afirmar o que vai acontecer, mas são tendências que estão se desenhando. É fácil abordar isso teoricamente nos cursos, o difícil é abordar, na prática, novos procedimentos de trabalho técnico de fato. As estruturas empresariais hoje são menos verticalizadas, são mais horizontais e colaborativas e nosso desafio poderia ser o de fazer essa verticalização acontecer também nos currículos. Entretanto, é extremamente difícil conseguir isso.

iv. Qual a principal dificuldade ou barreira para que as mudanças decorrentes da indústria 4.0 reflitam na formação profissional e tecnológica?

Os professores são ao mesmo tempo nossos principais aliados e nossas principais barreiras. Primeiro, porque foram formados em outros paradigmas. Muitos nem sabem manipular as

novas máquinas e os novos procedimentos de produção em diversas áreas, especialmente quando se trata de informática e de tecnologias muito novas, como a robótica, a inteligência artificial etc. Formação continuada poderia auxiliar a resolver isto. Por tanto, temos um problema gerencial importante a contornar. Alguns IFETs tem muita proximidade com o sistema S e lá este problema se resolve mais facilmente porque há mais flexibilidade para contratar novos professores, oferecer formação continuada para diminuir a fratura geracional, aplicar mais recursos para se ter aparatos tecnológicos para fins didáticos mais atualizados. Nossos alunos só conseguem ter acesso a novos equipamentos e máquinas quando estagiam em empresas e indústrias que operam novos processos produtivos e novos equipamentos.

v. Qual o futuro da formação profissional e tecnológica?

No ambiente da formação técnica oferecida nos IFETs, a saída para a manutenção da pertinência e da conexão com a indústria está nas atividades extracurriculares, paralelas e na adoção de metodologias ativas. Os currículos são mais engessados e os professores mais velhos e conservadores. Precisamos lançar mão de olimpíadas de conhecimentos, incubadoras de ideias inovadoras, visitas técnicas, tudo isso é importante. O impacto é distinto em áreas distintas. Por exemplo, no setor automotivo, precisamos formar mecânicos para veículos híbridos, especialistas em telemetria, especialistas em informática veicular etc. No setor das tecnologias de informação e comunicação, precisamos de técnicos especializados em Internet das coisas, segurança cibernética, defesa digital, big data, engenharia de softwares. No setor de alimentos, tem toda a formação em embalagens por exemplo.

Esses depoimentos corroboram o cenário indicado pelas características dos novos modos de produção industrial indicados antes nesta nota técnica e apontam pistas para que um novo modo de formação, em consonância com a Indústria 4.0, seja formatado:



Figura 4: Pistas para formatação de uma nova formação profissional

### Recomendações Finais

Essas pistas para formatação de uma nova formação profissional, associadas a outras demandas subjacentes aos discursos dos gestores dos IFETS, bem como o cenário descortinado pela literatura consultada, permite que se elabore algumas recomendações:

1. É premente que se invista na qualidade da educação básica: A alfabetização e o letramento forte em Língua Portuguesa, Matemática e Ciências constituem a base sobre a qual toda e qualquer formação profissional deve se assentar. A inserção da aprendizagem da lógica de programação (pensamento computacional) na educação básica também é, ao mesmo tempo uma tendência em todos os países centrais e uma recomendação para os sistemas escolares brasileiros; O cumprimento da Base Nacional Curricular Comum (BNCC), que atualizou e complementou o Plano Nacional de Educação, permite que se aborde as aprendizagens essenciais que os alunos devem desenvolver ao longo da educação básica, de forma progressiva e por área de conhecimento. Essas aprendizagens essenciais constituem a base para o avanço em novas formações técnicas de nível médio. As competências gerais exigidas pela BNCC são 10:

- i. conhecimento: para aprender a lidar com a realidade, continuar aprendendo e colaborar com a sociedade;

- ii. pensamento científico e criativo: para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas;
- iii. repertório cultural: para participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural;
- iv. comunicação: para expressar-se e partilhar informações, experiências, ideias e produzir sentimentos que levem ao entendimento mútuo;
- v. cultura digital: para comunicar-se, acessar e produzir informações e conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria;
- vi. trabalho e projeto de vida: para entender o mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas à cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, criticidade e responsabilidade;
- vii. argumentação: para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns, com base em direitos humanos, consciência socioambiental, consumo responsável e ética;
- viii. autoconhecimento e autocuidado: para cuidar da sua saúde física e emocional, reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas;
- ix. empatia e cooperação: para fazer-se respeitar e promover o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade, sem preconceitos de qualquer natureza;
- x. responsabilidade e cidadania: para tomar decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

2. É fundamental que se amplie o conhecimento acerca do cenário nacional, onde o impacto das tecnologias disruptivas na indústria, o qual conduz ao cenário da Indústria 4.0, tem peculiaridades que não aparecem na literatura especializada, que sempre dá a impressão equivocada de que há homogeneidade nos cenários, de que há impactos iguais em todas as camadas do trabalho. Recomendo aqui que se realize estudos mais robustos acerca das especificidades brasileiras neste âmbito, a fim de se identificar novas habilidades, novas competências e o lugar da educação profissional no sistema educacional para a indústria 4.0, em diferentes camadas de uma mesma atividade técnica ou tecnológica;

3. É urgente que o país disponha de políticas públicas voltadas para a formação inicial e continuada de professores em exercício na educação profissional e tecnológica, a partir do reconhecimento de que estamos também diante de um problema geracional: professores provenientes e formados em contextos analógicos atuando na formação de atores para uma sociedade digital.

4. Necessidade de flexibilização de currículos de cursos de educação profissional e tecnológica, tendo em vista que a emergência das tecnologias disruptivas gera uma demanda por um novo modo de formação profissional de nível técnico. A escola deve ser tão disruptiva quanto as tecnologias que alteram o modo de funcionamento da sociedade e da indústria. A escola de educação profissional deve acolher o pensamento diferente, formar para a autonomia e para a criatividade e distanciar-se de uma estrutura curricular rígida. O plano pedagógico precisa apoiar essas transformações, as metodologias ativas precisam ser incorporadas aos processos de ensino e aprendizagem e o corpo docente deve estar bem preparado para participar de tudo isso.

5. Tecnologias educativas inovadoras, baseadas nas metodologias ativas e igualmente decorrentes das tecnologias disruptivas, devem ser inseridas no rol das tecnologias habilitadoras para a Indústria 4.0. Sem a adoção de novos modos de formação de pessoas para a indústria, o chão de fábrica, mesmo dotado de toda o aparato disruptivo mencionado, não apresenta sustentabilidade. No âmbito destas tecnologias educativas inovadoras, temos os currículos flexíveis e a adoção de trilhas de aprendizagem voltadas para as habilidades técnicas, colaborativas e cognitivas que prepara o indivíduo, da forma mais integral possível, para o exercício de uma profissão de nível técnico e para garantir sua permanência no mercado de trabalho em plena transformação.

## **Referências**

BANCO MUNDIAL (2018). Trouble in the Making? The Future of Manufacturing-Led Development (Mary Hallward-Driemeier e Gaurav Nayyar). Disponível em: <<https://www.worldbank.org/en/topic/competitiveness/publication/trouble-in-the-making-the-future-of-manufacturing-led-development>>. Acesso em: 04 ago 2020.

BARBOSA, M. L. de O. B. (2018). Educação tecnológica no Brasil: contribuições e limites na formação de recursos humanos. *In* Formação de recursos humanos em áreas estratégicas de

Ciência, Tecnologia e Inovação, p. 231-247. Brasília (DF): CGEE. Disponível em: [https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Livro\\_Formacao\\_RH\\_2010\\_6366.pdf](https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Livro_Formacao_RH_2010_6366.pdf).

Acesso em: 04 ago 2020.

BCG (2019). Embracing Industry 4.0 and Rediscovering Growth. Disponível em: <https://www.bcg.com/pt-br/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth>.

Acesso em: 06 ago 2020.

CGEE (2015). Mapa da Educação Profissional e Tecnológica do Brasil. Disponível em: [https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/produto7\\_versaofinal\\_09abril15\\_Marcia+Leite\\_10187.pdf/42406058-2f99-455f-8b63-2b562b59217e?version=1.3](https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/produto7_versaofinal_09abril15_Marcia+Leite_10187.pdf/42406058-2f99-455f-8b63-2b562b59217e?version=1.3).

Acesso em: 04 ago 2020.

CHINA (2015). State Council – SC. Made in China 2025: report. Beijing: State Council.

CHRISTENSEN, C. M., 2013. The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail. Harvard Business Review Press.

FISK, P. Education 4.0 the future of learning will be dramatically different, in school and throughout life. 2017. Disponível em: <https://www.thegeniusworks.com/2017/01/future-education-young-everyone-taught-together/>. Acesso em: 03 ago 2020.

IBA GEI (2017). Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace. Disponível em: <file:///Users/gilbertolsantos/Downloads/AI-and-Robotics-IBA-GEI-April-2017.pdf>. Acesso em: 04 ago 2020.

SENAI (2016). Mapa do Trabalho Industrial 2019-2023. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/especiais/conheca-o-mapa-do-trabalho-industrial-nos-estados/>. Acesso em: 04 ago 2020.

TANRIOGEN, Zeynep Meral. (2018). The Possible Effects of 4th Industrial Revolution on Turkish Educational System. Eurasian Journal of Educational Research, v. 18, n. 77, p. 1–22.