

Exigências cognitivas e qualificação como elementos constituintes do novo perfil de trabalhadores no âmbito da indústria 4.0

Cognitive and qualification requirements as constituent elements of the new profile of workers in the scope of industry 4.0

DOI:10.34117/bjdv8n6-196

Recebimento dos originais: 21/04/2022

Aceitação para publicação: 31/05/2022

Mariana Cunha da Silva

Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade da Beira Interior

Instituição: Universidade da Beira Interior

Endereço: Rua Marquês D'Ávila e Bolama, Convento de Sto. António, 6201-001 - Covilhã - Castelo Branco, Portugal

E-mail: marianacunha.ubi@gmail.com

Marcelo Albuquerque de Oliveira

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Octávio, 6200, CEP: 69080-900, Manaus - AM, Brazil

E-mail: marcelooliveira@ufam.edu.br

Gabriela de Mattos Veroneze

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Octávio, 6200, CEP: 69080-900, Manaus - AM, Brazil

E-mail: gveroneze@ufam.edu.br

Ricardo Jorge da Cunha Costa Nogueira

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas

Instituição: Universidade Federal do Amazonas

Endereço: Av. General Rodrigo Octávio, 6200, CEP 69080-900, Manaus - AM, Brazil

E-mail: ricardonogueira@ufam.edu.br

RESUMO

Atualmente as indústrias têm procurado aumentar a produtividade e a competitividade. Para obter ganhos em eficiência estão a ser incorporadas novas tecnologias de informação, comunicação e automação nos processos industriais. Esta mudança caracteriza uma nova estratégia para a indústria que surgiu na Alemanha designada por Indústria 4.0. Com o avanço tecnológico, os trabalhadores experimentarão uma complexidade cada vez maior das suas tarefas diárias, necessitarão de ser altamente flexíveis e demonstrar capacidade de adaptação a ambientes de trabalho muito dinâmicos. À medida que a complexidade interna dos sistemas de produção cresce, as estratégias adequadas de qualificação da força de trabalho são necessárias. Este trabalho tem como

objetivo explorar quais as capacidades cognitivas, as competências e as habilidades que o trabalhador precisará de possuir para este novo cenário.

Palavras-chave: indústria 4.0, capacidade cognitiva, gestão de competências, qualificação.

ABSTRACT

Currently, industries have sought to increase productivity and competitiveness. To obtain efficiency gains, new information, communication, and automation technologies are being incorporated into industrial processes. This change characterizes a new strategy for the industry that emerged in Germany called Industry 4.0. With technological advancement, workers will experience an increasing complexity of their daily tasks, they will need to be highly flexible and demonstrate the ability to adapt to very dynamic work environments. As the internal complexity of production systems grows, adequate workforce qualification strategies are needed. This work aims to explore which cognitive abilities, skills, and abilities the worker will need to possess for this new scenario.

Keywords: industry 4.0, cognitive capacity, competency management, qualification.

1 INTRODUÇÃO

Através do constante desenvolvimento de tecnologias inovadoras surgiu na Alemanha o conceito de Indústria 4.0, ou chamada quarta revolução industrial, consistindo na automação de processos produtivos, inclusão da digitalização na totalidade da cadeia de valor, fundindo o virtual com o real (Albertin *et al.*, 2017).

As principais particularidades dessa nova revolução estão relacionadas com a capacidade de permitir que pessoas e “fábricas inteligentes” sejam capazes de se conectar e trocar informações através da Internet das Coisas (IoT) e da Internet dos Serviços (IoS), a possibilidade de ligar sistemas físicos com modelos virtuais ou ciber-físicos, a descentralização das tomadas de decisões.

Surgem neste contexto as “fábricas inteligentes” que precisarão formar e adaptar os seus trabalhadores, para ajudá-los a permanecer, retornar ou incorporar-se no moderno processo de fabricação. O objetivo principal é identificar novos padrões de aprendizagem em cenários de trabalho industrial altamente digitalizados.

Os requisitos do trabalho mudaram com a evolução dos sistemas de produção. Em cada revolução industrial o perfil exigido foi-se modificando do trabalho manual para o intelectual, facto este que exigiu uma maior preocupação das empresas com a formação de seus trabalhadores (Aires *et al.*, 2017). Para além disso, Iszczuk *et al.* (2021) sustentam

que todas estas transformações e evoluções impulsionadas pelas inserções tecnológicas da Indústria 4.0, representam um novo marco histórico da sociedade.

De acordo com informações obtidas do Eurostat em 2017 (Gabinete de Estatísticas da União Europeia), 40% dos trabalhadores europeus possuem nível insuficiente de aptidões digitais e a necessidade de novas capacidades digitais e multidisciplinares está crescendo rapidamente. Nos dias atuais o setor das tecnologias emprega milhões de pessoas, mas a UE estima que em 2020 existam cerca de 800 000 postos de trabalho por preencher.

A adaptação dos trabalhadores a novas necessidades cognitivas resultará em desafios para as indústrias envolvidas, havendo a necessidade de investir e pesquisar novas formas de gerir o conhecimento na teoria e na prática, através de programas de formação e desenvolvimento que capacitem os trabalhadores no manuseio de novas ferramentas e tecnologias.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este tópico do artigo será organizado apresentando uma visão geral sobre as tecnologias associadas a Indústria 4.0 tais como: *Internet of Things (IoT)*, *Internet Cyber Physical Systems (CPS)*, *Big Data e Analytics*, Linha de Produção Flexível, Manufatura Aditiva, *Cloud*, Robótica. Na sequência serão apresentados os tópicos relacionados com as competências cognitivas e de qualificação do novo trabalhador da Indústria 4.0

2.1 INTERNET DAS COISAS - INTERNET OF THINGS (IOT)

De acordo com Ribeiro (2017), a Internet of Things (Internet das Coisas - IoT) é a ligação em rede de objetos físicos, ambientes, veículos e máquinas através de dispositivos eletrônicos possibilitando a recolha e troca de dados. A IoT é representada por uma rede mundial de objetos endereçados, interligados e uniformes que comunicam através de protocolos padrão (Hozdić, 2015). A internet das coisas é conhecida como a Internet de tudo (IoE), a qual é constituída pela Internet de Serviços (IoS), pela Internet de Manufatura (IoMs) e pela Internet de Pessoas (IoP), constituindo um sistema integrado da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC).

2.2 SISTEMAS CÍBER-FÍSICOS – CYBER-PHYSICAL SYSTEMS (CPS)

No contexto da Indústria 4.0, os CPS são definidos como sistemas nos quais os sistemas naturais e os espaços físicos estão fortemente integrados nos sistemas de

computação, comunicação e controle (espaço cibernético). Através do sensoriamento de toda a fábrica, os CPS criam uma cópia virtual do mundo real permitindo uma verdadeira rede de objetos e dispositivos “inteligentes” que comunicam e interagem entre si (LEE, 2008; LEE *et al.*, 2015). Os *cybers-physical systems* são definidos, de acordo com Pontes (2017), como a integração entre a computação e os processos físicos. Os computadores e as redes integradas monitoram e controlam os processos físicos, geralmente com loops de feedback onde os processos físicos afetam os cálculos e vice-versa.

2.3 BIG DATA E ANALYTICS

Segundo Rüßmann, *et al.* (2015), o *Big Data Analytics* utiliza um conjunto de informações reunidas, de forma dinâmica para a tomada de decisões (estudo de mercado, informações de mercado, correlações desconhecidas). O seu principal objetivo é ajudar as empresas a tomar as medidas assertivas nas horas adequadas. A análise baseada em grandes conjuntos de dados surgiu recentemente no mundo da manufatura, otimizando a qualidade da produção, gerando economia de energia e melhorando o serviço dos equipamentos. No contexto da Indústria 4.0, a recolha e avaliação abrangente de dados de diferentes fontes de equipamentos e sistemas de produção, bem como sistemas de gestão de clientes e empresas tornar-se o padrão para apoiar a tomada de decisões em tempo real (RÜßMANN *et al.*, 2015).

2.4 LINHA DE PRODUÇÃO FLEXÍVEL

As tendências recentes, como a globalização dos mercados e as pressões de atender às necessidades dos clientes, exigem equipamentos e processos de produção que sejam capazes de se adaptar de forma mais ágil e flexível a novos produtos e variantes de produtos para ganhar força competitiva. Para Freitas *et al.* (2016) a utilização de robôs expressa um aumento na variedade de produtos que podem ser produzidos numa mesma fábrica. Esta customização em massa vai permitir a produção em pequenos lotes, devido à habilidade de configuração das máquinas de acordo com as especificações ou exigências do fornecedor/consumidor. Esta flexibilização também permite a inovação, visto que os protótipos ou novos produtos podem ser produzidos rapidamente sem necessidade de novos setups ou novas linhas de produção.

2.5 MANUFATURA ADITIVA

A Manufatura Aditiva faz parte de um grupo de tecnologias, dentre as quais se destaca a impressão 3D, que cria produtos através da adição de materiais, camada a camada. Assim, proporcionam novas funcionalidades para suprir soluções na fabricação de pequenos lotes de produtos complexos e personalizados, sem que os custos de produção aumentem exponencialmente. A prototipagem rápida somado ao processo de produção descentralizado gerado pela impressão 3D, onde um modelo de desenho pode ser impresso em qualquer lugar do mundo enviando o seu arquivo digital pela rede, elimina passos intermediários de produção tais como o transporte e o armazenamento, elevando drasticamente os níveis de eficiência dentro de uma empresa (VENÂNCIO, 2017)

2.6 COMPUTAÇÃO NA NUVEM (CLOUD COMPUTER)

Para Obtiko & Jirkovsky (2015), os dados das empresas não deverão ser armazenados e processados somente nos servidores locais, mas sim utilizando serviços especializados em armazenamento e processamento de dados na Cloud, que é um universo virtual no qual os serviços são oferecidos tendo a internet como ambiente de trabalho. O aumento da partilha de informação em rede para o desenvolvimento de um produto implica o recurso a aplicações e partilha de dados para além dos servidores da empresa. O recurso à “Cloud” fornece uma grande redução de tempo conseguindo-se informação ao milissegundo com ganhos na eficiência e na diminuição de custos.

2.7 ROBÓTICA

De acordo com o *World Robotic Survey* de 2016, emitido pela *International Federation of Robotics* (IFR), os robôs industriais estão inovando a economia global e até 2019 mais de 1,4 milhões de novos robôs industriais serão colocados em fábricas em todo o mundo. Estes robôs ajudam a enfrentar o desafio da produção de curto prazo, ultrapassando a lacuna existente entre as linhas de montagem totalmente manuais e as linhas de fabricação totalmente automatizadas. Como exemplo recente a BMW está a implementar robôs autônomos com a finalidade de automatizar uma linha de montagem que era maioritariamente manual no passado. Ribeiro (2017) afirma que a evolução da robótica permitiu que ocorressem trabalhos sem a supervisão humana sendo os robôs utilizados nos contextos industriais na realização de tarefas mais complexas, desenvolvendo e coordenando uma série de atividades logísticas e de produção.

3 METODOLOGIA

A partir da análise dos objetivos do presente artigo, entende-se como uma pesquisa visa entender as tecnologias utilizadas na indústria 4.0, atrelada a investigação de quais as capacidades cognitivas e qualificações que o trabalhador precisará possuir.

Na classificação da investigação de acordo com os métodos utilizados, Gil (2010) afirma que devem ser considerados três fatores: a natureza dos dados (investigação qualitativa e quantitativa), o ambiente em que são recolhidos (investigação de campo ou de laboratório) e o grau de controlo das variáveis (experimental e não experimental). Com base no exposto, a presente investigação é classificada como uma investigação de campo qualitativa e não experimental.

Em relação à descrição da situação-problema trata-se de investigação qualitativa, considerando que há uma relação dinâmica entre a vertente empírica e a vertente teórica. A interpretação dos fenómenos e a atribuição de significados são básicas no processo de investigação qualitativa. Os investigadores tendem a analisar os seus dados indutivamente.

4 ESTUDO EXPLORATÓRIO

4.1 CAPACIDADE COGNITIVA

O trabalhador ressurge como a personagem fundamental no cenário da indústria 4.0, mesmo com o risco gerado pela automatização das máquinas. O novo perfil exigirá capacidades cognitivas que vão englobar capacidades técnicas e humanas. Ele terá que processar informações, recorrendo a recursos tecnológicos, a fim de aplicar o conhecimento resultante deste processo na sua rotina de trabalho.

De acordo com Sales & Burnham (2015), a cognição é a capacidade humana de construção ativa do conhecimento que acontece no processo de interação com o outro, considerando o meio, a história, a cultura, as relações, a percepção, os sentimentos e as emoções, onde os símbolos construídos culturalmente, em especial a linguagem, atuam como mediadores do próprio processo de construção do conhecimento e da capacidade de pensar própria do ser humano.

Segundo com Gatti (2005), as habilidades cognitivas são capacidades que tornam o indivíduo competente e lhe possibilitam interagir simbolicamente com seu meio ambiente. Estas habilidades formam a estrutura fundamental do ser humano permitindo discriminar entre objetos, fatos ou estímulos, identificar e classificar conceitos, identificar e construir problemas, aplicar regras e resolver problemas.

Medeiros *et al.* (2017) cita três grupos de competências cognitivas:

- i. Processos cognitivos e estratégias, tendo como principais aspectos: pensamento crítico, resolução de problemas, análise, raciocínio/argumentação, interpretação, tomada de decisão e aprendizagem;
- ii. Conhecimento, tendo como principais aspectos: alfabetização em informação (investigação usando evidências e reconhecendo fontes confiáveis), alfabetização em tecnologia da informação e das comunicações, comunicação oral e escrita e escuta ativa;
- iii. Criatividade e inovação.

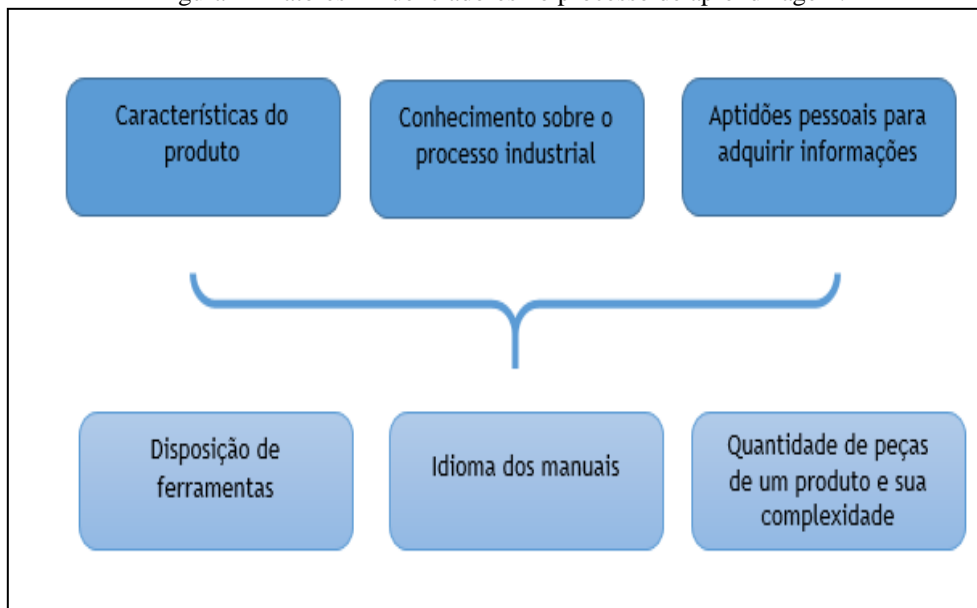
De acordo com Romero *et al.* (2016), a capacidade cognitiva é a capacidade do operador realizar tarefas (por exemplo, percepção, memória, raciocínio, decisão, resposta motora, etc.) necessárias para o trabalho e sob certas configurações operacionais. Como as fábricas da Indústria 4.0 serão ambientes de trabalho cada vez mais dinâmicos devido ao aumento da necessidade de flexibilidade e adaptabilidade dos sistemas de produção, haverá uma exigência cognitiva para que o operador consiga executar essas tarefas mentais, como aquelas fornecidas por tecnologias de realidade aumentada (AR) ou interfaces homem-máquina (HMI).

Assim a capacidade cognitiva é o mecanismo que o trabalhador utiliza para entender, assimilar, relacionar e ligar-se com o exterior e o seu interior, desenvolvendo a habilidade mental para adquirir conhecimentos, ideias, experiências e interpretá-los. Desenvolver competências cognitivas na Indústria 4.0 é fundamental para o processo de formação de conhecimento e capacitação para o cumprimento de tarefas.

O desenvolvimento de habilidades cognitivas tem como base os processos de aprendizagem, os quais se evidenciam por mudanças relativamente permanentes nos conhecimentos ou comportamentos e ações das pessoas, mudanças estas devido à experiência, ou seja, às relações sociais e objetivas que os indivíduos experimentam na sua história de vida (MEDEIROS *et al.*, 2017).

O processo de aprendizagem, que segundo Schuh *et al.* (2017), é influenciado por três fatores: características do produto com o qual se trabalha, conhecimento sobre o processo industrial e aptidões pessoais para adquirir informação. Sendo este o primeiro nível de influência. Os aspectos técnicos e organizacionais, tais como a disposição de ferramentas, o idioma dos manuais, a quantidade de peças de um produto e a sua complexidade são capazes de interferir nos elementos do primeiro nível de forma a facilitar ou a dificultar a aprendizagem, conforme Figura 1.

Figura 1 - Fatores influenciadores no processo de aprendizagem.



Fonte: Adaptado de Schuh *et al.* (2017).

Schuh *et al.* (2017) também destacam, alguns fatores que podem influenciar a capacidade de aprendizagem tais como: o escopo da tarefa, as relações de poder entre o trabalhador e os demais cargos e o nível de qualificação deste trabalhador. De acordo com o referido anteriormente, pode-se complementar com um estudo realizado pela Revista Exame (2016), foram descritas algumas competências gerais que englobam o desenvolvimento da capacidade cognitiva e são importantes tendo em vista o que já foi abordado do cenário e exigências da Indústria 4.0:

- i. Visão Técnica: formação acadêmica em áreas como a engenharia informática ou automação, entender as tecnologias utilizadas na indústria e a internet das coisas será um diferencial;
- ii. Multidisciplinaridade: ter um conhecimento mais diversificado e ser especializado em diversas áreas será um diferencial. É preciso entender sobre várias áreas para dominar o processo industrial;
- iii. Colaboração: capacidade de comunicar e de ter um bom relacionamento profissional com os outros trabalhadores auxiliando na resolução de problemas ou a atingirem um objetivo. Está relacionada com a contribuição de ideias e conteúdos e a partilha de conhecimentos;
- iv. Idioma: é essencial para a comunicação com outros países no sentido de troca de informações, realizações de treinos externos e participação em cursos de atualização;

- v. Espírito Crítico: está relacionado com a capacidade analítica de interligar dados e tomar decisões a partir de informações extraídas de máquinas e aplicativos em tempo real;
- vi. Flexibilidade: capacidade de adaptação a mudanças, a novas funções e a inovações.

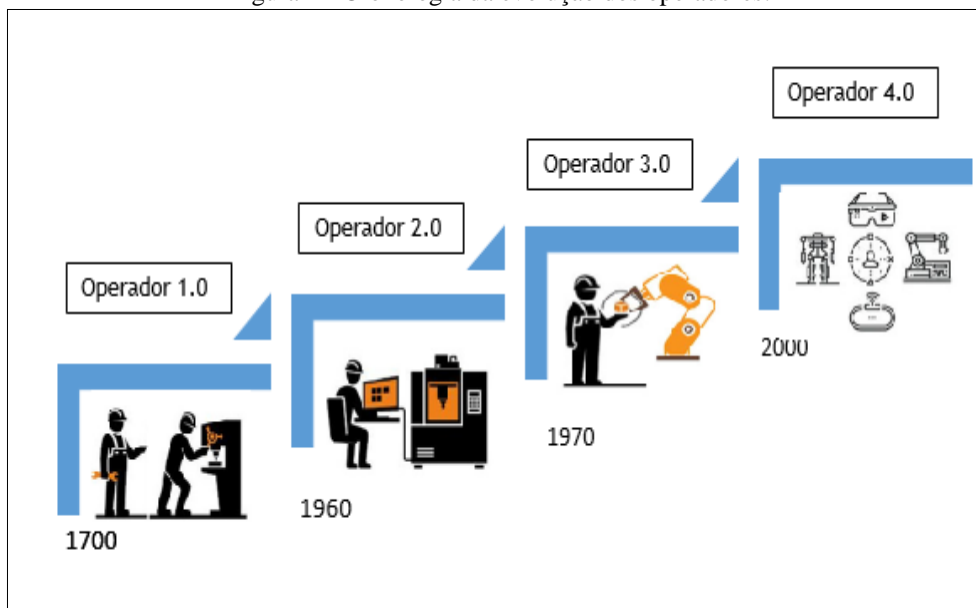
4.2 QUALIFICAÇÕES

Schwab (2017) afirma que à medida que a digitalização e automação da produção for se consolidando haverá uma deslocação física dos trabalhadores em relação às tecnologias usadas no processo de produção. O autor realça que no futuro, o talento da força de trabalho irá sobressair em relação ao capital, representando um fator crítico de produção.

A perspectiva do trabalho mudou com a evolução dos sistemas de produção. A cada revolução industrial o perfil exigido aos trabalhadores foi-se alterando, passando do trabalho manual para o intelectual (AIRES *et al.*, 2017), o que obrigou as empresas a terem uma maior responsabilidade com a formação de seus trabalhadores. De acordo com Romero *et al.* (2016) a evolução da integração de operadores com as tecnologias da época pode ser descrita da seguinte forma:

- i. Operador 1.0: definido como trabalhador que conduz manualmente e de forma habilidosa o trabalho, com suporte de ferramentas mecânicas e ferramentas manuais;
- ii. Operador 2.0: definido como trabalhador que realiza “trabalho assistido” com o suporte de ferramentas de computador, da tecnologia de informação e comunicação para auxiliar na concepção, análise e fabrico da maioria dos produtos. Utiliza também sistemas de informação empresarial;
- iii. Operador 3.0: definido como trabalhador envolvido no 'trabalho cooperativo' com robôs e outras máquinas e ferramentas de computador, também conhecidas como - colaboração homem-robô;
- iv. Operador 4.0: definido como o “operador do futuro”, sendo inteligente e qualificado. Representa uma nova filosofia de design e engenharia para sistemas de produção adaptáveis onde o foco é o tratamento da automação como um aprimoramento adicional de aspectos físicos, sensoriais e capacidades cognitivas por meio da integração do sistema cyber físico humano.

Figura 2 - Cronologia da evolução dos operadores.



Fonte: Adaptado de Romero *et al.* (2016).

A quantidade de trabalhadores que têm a qualificação necessária para responder às necessidades do mercado não acompanha o ritmo de crescimento e avanço da indústria. De acordo com o U.S Department of Education, apenas 20% da força de trabalho atual possui as habilitações necessárias para atender à procura dos 60% de novos empregos que irão surgir no Século XXI (Amladi, 2013). Schwab (2017) afirma que à medida que a digitalização e automação da produção se for consolidando haverá uma deslocação física dos trabalhadores em relação às tecnologias usadas no processo de produção. O autor realça que no futuro, o talento da força de trabalho irá sobressair em relação ao capital, representando um fator crítico de produção.

Na Indústria 4.0, a forma de aprendizagem transformou-se devido ao trabalho mais especializado e a um menor número de funcionários para o desempenhar. Segundo Tvenge & Martinsen (2018) muitos autores realçam o facto de que a aprendizagem baseada em TI deixou de ser fechada e centrada, passando a uma realidade em que os indivíduos são mais sociais e onde compartilhar é essencial, a habilidade de colaborar é essencial e desejado pelos empregadores, portanto, o trabalho em equipa e a comunicação devem ser paradigmas de aprendizagem no local de trabalho.

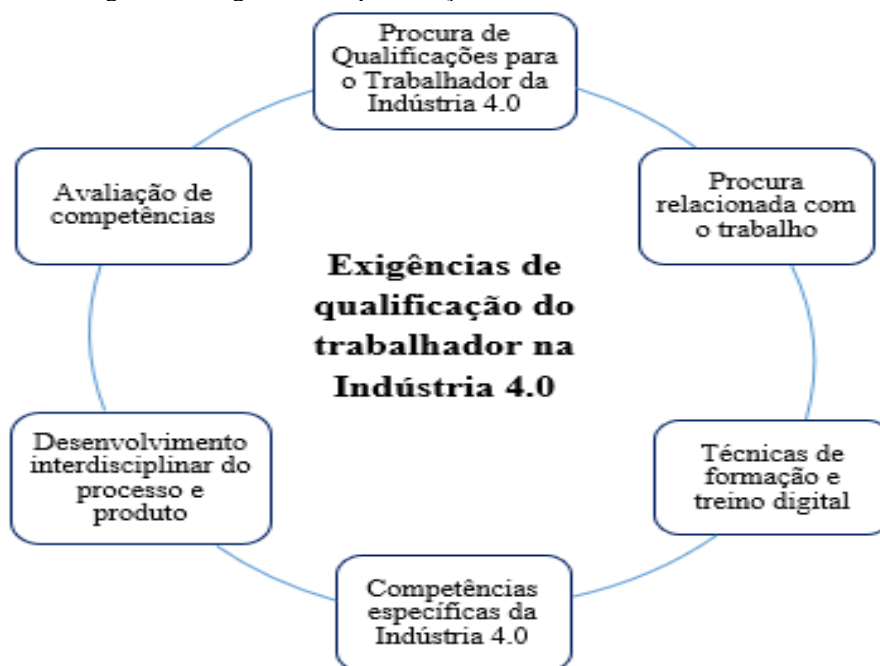
De acordo com Jang (2015), as habilidades e competências são mais situacionais, mais dependentes da aprendizagem e representam o produto do treinamento em tarefas específicas ou atributos individuais relacionados à qualidade do desempenho no trabalho. As habilidades ou competências podem ser medidas pela qualidade dos trabalhos relevantes no trabalho. O aprimoramento de uma habilidade está parcialmente

relacionado à posse individual de habilidades subjacentes relevantes (ACKERMAN, 1988).

Para Kagermann *et al.* (2013), as exigências são aplicadas no esquema de formação e treino do trabalhador da indústria 4.0 sendo sugerindo abranger as três categorias de habilidades a seguir (Figura 3):

- i. Habilidades técnicas, por exemplo, instalar e operar dispositivos de TIC;
- ii. Habilidades de transformação, por exemplo, propor e realizar mudanças em etapas do processo de produção que exigissem alterações ou otimizações;
- iii. Habilidades sociais, por exemplo, trabalho em equipa, transferência de conhecimento, aquisição de conhecimento, colaboração para a sincronização de processos, datas de entrega e análise de defeitos.

Figura 3 - Exigências de qualificação do trabalhador na Indústria 4.0.



Fonte: Adaptado de Kagermann *et al.* (2013).

Já para Erpenbeck *et al.* (2007), as competências do trabalhador da Indústria 4.0 são divididas a partir de uma abordagem em que elas estão sempre associadas a algum tipo de tarefa e à capacidade de realizar essa tarefa, sendo elas: pessoal, social, ação e domínio.

De acordo com Erol *et al.* (2016), estas competências são definidas da seguinte forma:

- i. Competência pessoal: pode ser entendida como a capacidade de uma pessoa agir de maneira reflexiva e autônoma. Compreendendo também a capacidade de aprender (desenvolver habilidades cognitivas), desenvolver uma atitude própria e um sistema de valores éticos.
- ii. Competência social: A competência social refere-se ao fato de um indivíduo inserido no contexto social de uma organização possuir a capacidade de comunicar, cooperar e estabelecer conexões sociais com outros indivíduos e grupos
- iii. Competência de ação é a capacidade de um indivíduo concretizar as suas ideias individuais ou socialmente construídas, assimilar novos conceitos, para transferir com sucesso os planos para a realidade, não apenas no individual, mas também no nível organizacional.
- iv. Competência relacionadas com o domínio, referem-se à capacidade de aceder e usar o conhecimento de domínio para um trabalho ou uma tarefa específica. O conhecimento de domínio inclui metodologias, linguagens, ferramentas que são especialmente importantes para resolução de um problema ou domínio de negócios e vão além do trivial.

Para cargos como operadores, administrativos, engenheiros e até de gestão, o nível de competências será modificado, não apenas ao nível digital, mas também serão exigidas competências ligadas ao empreendedorismo, liderança e engenharia. A capacidade de adaptação a novas situações de planeamento ou de e organização (hard skills), além do investimento em habilidades relacionadas a aspectos da personalidade (soft skills) serão as competências mais valorizadas na Indústria 4.0 (SWIATKIEWICZ, 2014).

De acordo com Pachauri *et al.* (2014), as *soft skills* são características pessoais que melhoram a interação e o desempenho no trabalho em equipa, definem-se como traços de personalidade, de relacionamento social, de fluência na linguagem, de hábitos, de simpatia e de otimismo em diferentes níveis. Rao (2012), define como as habilidades relacionadas com as tarefas como comunicação, gestão do tempo, negociação, escrever, ouvir, ler, apresentar, resolução de problemas, decisão e execução.

Segundo Silva (2012), o sucesso de uma organização depende de conhecimento técnico, e muito mais importante do que este fator está a capacidade de um grupo de indivíduos trabalhar em conjunto e otimizar os seus recursos individuais. As soft skills são assim habilidades fundamentais para lidar com estes aspectos comportamentais relevantes na vida pessoal e corporativa.

Indústria 4.0 é a digitalização completa da produção e a exploração de dados para permitir o planejamento inteligente e o controle de processos e redes de produção. Os processos e redes de produção (também aqueles no futuro) têm peculiaridades de domínio que exigem competências específicas do domínio que podem ser desenvolvidas através de modelos de aprendizado como a educação corporativa, fábricas de aprendizagem e novos modelos de sistemas educacionais.

De acordo com Kagermann *et al.* (2013) os modelos de aprendizagem e cooperação da Alemanha, nos quais a aprendizagem teórica e prática são combinadas, podem ser adotados por outros países. Estes modelos híbridos são reconhecidos internacionalmente como abordagens superiores de treino profissional e são ideais para a construção de capacidades relacionadas com a Indústria 4.0.

Para Aires (2017) as características da educação corporativa dos trabalhadores da Indústria 4.0 são:

- Aprendizagem em rede;
- Requisitos de conhecimento de nível superior (formação universitária de nível Licenciatura/Bacharelado), além de técnicos e tecnológicos mais sofisticados;
- Investimento em programas de desenvolvimento humano para a inovação – geração de ideias, colaboração, compartilhamento, compartilhamento e coprodução;
- Avanço da gestão do conhecimento e do capital intelectual;
- Necessidade de desenvolvimento de novas competências;
- Surgimento de novas profissões.

Para complementar o conceito de UC supracitado um estudo realizado por Schallock *et al.* (2018) propõe a criação de uma espécie de *learning factory* (fábrica de aprendizagem) similar ao conceito de UC supracitado, na qual os trabalhadores aprenderão de forma didática, numa sequência alternada entre observação, teoria e prática dos conhecimentos necessários para a capacitação no contexto da Indústria 4.0. São ensinados métodos de otimização de processos de acordo com princípios e a filosofia Lean. Este tipo de formação utiliza cenários para mostrar situações reais e problemas da vida quotidiana dos participantes, além do input teórico.

De acordo com Karre *et al.* (2017), as fábricas de aprendizagem são espaços de aprendizagem física onde as habilidades sociais, práticas e teóricas podem encontrar-se e

evoluir. O termo remonta aos anos noventa e nasceu da necessidade de ter uma formação mais prática de engenheiros, copiando o modelo de formação de enfermeiros e médicos em hospitais universitários.

O treino prático em contexto real fabril tem algumas limitações, com o objetivo de reduzi-las foram incluídos simuladores de alta fidelidade onde experiências, investigação e educação podem ser combinadas.

Com objetivo de exemplificar o impacto geral da utilização das tecnologias sobre a força de trabalho e as novas habilidades necessárias para concluir as tarefas relacionadas Lorenz *et al.* (2015) referem alguns casos em indústrias, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Exemplos de utilização de novas tecnologias e habilidades requeridas.

Tecnologia 4.0	Antigo cenário	Cenário Atual (Impactos sobre a procura de trabalhadores)	Cenário Atual (Novas habilidades requeridas)
Big Data aplicado ao Controle de Qualidade	Uma empresa utilizava algoritmos para analisar dados de controlo de qualidade (histórico e tempo real).	A aplicação de <i>big data</i> reduzirá o número de trabalhadores especializados em controlo da qualidade.	Aumenta necessidade de profissionais designados por cientistas de dados industriais.
Produção Assistida por Robôs	Trabalho manual em operações de produção, como montagem e embalagem.	Redução da quantidade de trabalhadores (trabalho manual) devido à utilização de robôs semelhantes a humanos, em relação à anatomia, que realizarão as tarefas de montagem e embalagem.	Aumenta necessidade de profissionais designados por coordenadores de robôs.
Realidade Aumentada	Trabalhadores deslocam-se pelas áreas de expedição procurando produtos nas prateleiras.	Reduz a quantidade de trabalhadores pois otimiza-se o processo através da utilização de óculos de realidade aumentada para ver as informações de expedição e as instruções de navegação, incluindo a localização exata de um item numa prateleira, e para ler códigos de barras automaticamente	Esta tecnologia aumenta significativamente a eficiência do processo para os técnicos de serviço, ao mesmo tempo exige que as empresas criem novos recursos abrangentes em sistemas de Investigação e Desenvolvimento, TI e assistência digital
Manufatura Aditiva	Fábrica com necessidade de montagem de um produto que contém várias peças e inventários individuais dessas peças.	Técnicas como sinterização seletiva a laser e impressão 3D permitem que os fabricantes criem peças complexas numa única etapa, reduzindo a quantidade de trabalhadores operacionais.	Trabalhadores especializados em investigação e desenvolvimento que criam desenhos assistidos por computador 3D e modelagem 3D.

Fonte: Adaptada de Lorenz et al. (2015).

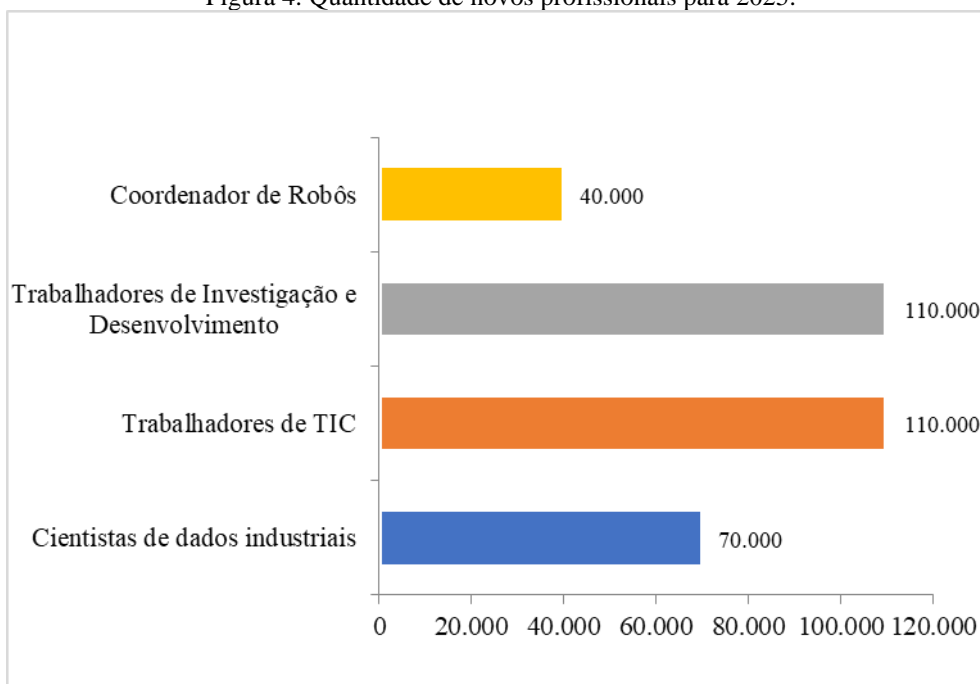
De acordo com Lorenz *et al.* (2015) surgem duas novas profissões que exigem habilidades específicas: os cientistas de dados industriais e os coordenadores de robôs. Os cientistas de dados industriais são especialistas que irão extrair e preparar dados,

conduzirão análises avançadas e irão aplicar as descobertas para melhorar os produtos ou o processo produtivo.

Tendo como principais habilidades: a capacidade de analisar a causa raiz para identificar correlações e tirar conclusões; a habilidade de programação computacional e a flexibilidade para abordar os tópicos continuamente ou responder a solicitações específicas, além de poderem trabalhar no local ou remotamente. Já os coordenadores de robôs possuem a função de supervisionar os robôs no chão de fábrica e responder a defeitos ou sinais de erro. O coordenador realizará tarefas de manutenção de rotina. Se um robô precisar ser retirado de serviço, o coordenador substituirá o robô por um substituto, a fim de reduzir o tempo de inatividade da produção. De acordo com o relatório realizado em 2015 pelo Lorenz *et al.* a utilização da robótica e informatização reduzirá o número de empregos em montagem e produção em aproximadamente 610.000. No entanto, esse declínio será mais do que compensado pela criação de novos empregos conforme Figura 4.

As perdas de emprego atingirão 4% de trabalhadores da produção, 8% no controle de qualidade e 7% na manutenção. O trabalho cognitivo de rotina também será afetado, por exemplo, mais de 20.000 empregos no planejamento de produção serão eliminados

Figura 4. Quantidade de novos profissionais para 2025.



Fonte: Adaptado de Lorenz *et al.* (2015).

5 CONCLUSÃO

Os novos avanços tecnológicos influenciarão os setores industriais a acompanharem e a investirem em mudanças referentes às competências cognitivas do trabalhador e à organização dos postos de trabalho. Esta rápida transformação exige uma compreensão teórica e prática por parte de todos os envolvidos no ambiente organizacional. Para integrar esta transformação o novo perfil do trabalhador exigirá que as suas capacidades cognitivas, capacidades técnicas e humanas sejam exploradas, desenvolvidas e aperfeiçoadas, para que aconteça uma aplicação prática na rotina de trabalho.

O presente artigo analisou as novas competências do trabalhador, podendo estas ser categorizadas em: *gerais, físicas, pessoais, sociais, de conteúdo, cognitivas, de ação e de domínio*. Cada uma delas representa diferentes requisitos exigidos pelos mais diversificados setores produtivos acompanhando assim os avanços desta nova revolução industrial. As necessidades de múltiplas habilidades e o novo cenário de mudanças no chão de fábrica significam que o desenvolvimento e treino das habilidades citadas ao longo desta dissertação tornar-se-ão mais importantes do que nunca. Os trabalhadores terão que estar ainda mais abertos à mudança, possuir maior flexibilidade para se adaptar a novos escopos e, ambientes organizacionais dinâmicos e a necessidade de aprendizagem interdisciplinar contínua.

Foram avaliadas as competências requeridas, podendo concluir-se que algumas são sempre citadas pelos autores como sendo fundamentais na preparação do trabalhador, tais como: *o desenvolvimento de competências cognitivas, a visão técnica complementada por uma capacidade crítica, flexibilidade, criatividade e conhecimento multidisciplinar*.

A quantidade de trabalhadores que têm a qualificação necessária para responder às necessidades do mercado não acompanha o ritmo de crescimento e avanço da indústria sendo fundamental que todos os aspectos citados sejam desenvolvidos, seja através das chamadas fábricas de aprendizagem, capacitações internas por parte dos empregadores ou aprendizagem prática e teórica nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática.

Assim, conclui-se que a Indústria 4.0 se pode traduzir numa oportunidade significativa para que os meios de aprendizagem sejam repensados e alinhados com o novo perfil requerido, sendo bem mais do que apenas tecnologia, mas também um modelo organizacional que deverá valorizar o desenvolvimento dos recursos humanos. Perante

um cenário em constante evolução será necessário estar em constante atualização teórica e treinamento, sendo imprescindível estar preparado para gerenciar todas as ferramentas tecnológicas citadas ao longo desta pesquisa.

ACKNOWLEDGEMENTS

Agradecimento especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) e ao Núcleo de Pesquisa em Engenharia de Produção (NUPEP) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pelo apoio de seus professores às pesquisas realizadas, bem como ao Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade Beira Interior (Covilhã – Portugal).

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo apoio a este trabalho no âmbito do Projeto POSGRAD (Resolução nº. 008/2021-POSGRAD).

REFERÊNCIAS

ACKERMAN, Phillip L. Determinants of individual differences during skill acquisition: Cognitive abilities and information processing. **Journal of experimental psychology: General**, v. 117, n. 3, p. 288, 1988.

AIRES, R.W.A., KEMPNER-MOREIRA, F.K., & FREIRE, P.S. **Indústria 4.0: competências requeridas aos profissionais da quarta revolução industrial**. In: Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação (CIKI). Anais...: Foz do Iguaçu, UFSC, 7, 2017.

ALBERTIN, M.R., ELIENESIO, M.L.B., AIRES, A.S., PONTES, H.L.J., & ARAGÃO JR, D.P. **Principais inovações tecnológicas da indústria 4.0 e suas aplicações e implicações na manufatura**. XXIV Simpósio de Engenharia de Produção, 2017. Bauru – SP. https://www.researchgate.net/publication/321682376_PRINCIPAIS_INOVACOES_TECNOLOGICAS_DA_INDUSTRIA_40_E_SUAS_APLICACOES_E_IMPLICACOES_NA_MANUFATURA.

AMLADI, P (Ed.). **Manufacturing wants its jobs back - but can it find the workers?** Forbes. 2013. <https://www.forbes.com/sites/sap/2013/11/25/manufacturing-wants-its-jobs-back-but-can-it-find-the-workers/#1e865694519e>.

EROL S., JÄGER, A., HOLD, P., OTT, K., SIHN, W. Tangible Industry 4.0: A Scenario-Based Approach to Learning for the Future of Production. **Procedia CIRP**, Volume 54, 2016, Pages 13-18, ISSN 2212-8271, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.162>.

ERPENBECK, J., VON ROSENSTIEL, L., GROTE, S., & SAUTER, W. **Handbuch Kompetenzmessung: Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis**, 2nd ed. Schäffer-Poeschel, 2007.

EUROSTAT STATISTICS EXPLAINED. **Europe 2020 indicators – education**. 2017. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Europe_2020_indicators_-_education.

FREITAS, M.M.B.C., FRAGA, M.A.F., & SOUZA, G.P.L. **Logística 4.0: Conceitos e aplicabilidade: Uma pesquisa-ação em uma empresa de tecnologia para o mercado automobilístico**. Caderno PAIC, 17, 1, 2016. <https://cadernopaic.fae.edu/cadernopaic/article/view/214>.

GATTI, B. Habilidades cognitivas y competencias sociales. **Enunciación**, 10, 123–132, 2005.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2010.

HOZDÍĆ, Elvis. Smart factory for industry 4.0: A review. **International Journal of Modern Manufacturing Technologies**, v. 7, n. 1, p. 28-35, 2015.

IFR - International Federation of Robotics. **World Robotics Survey 2016**. 2016. <https://ifr.org/>.

ISZCZUK, Ana Claudia Duarte et al. Evoluções das tecnologias da indústria 4.0: dificuldades e oportunidades para as micro e pequenas empresas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 50614-50637, 2021.

JANG, Hyewon. Identifying 21st century STEM competencies using workplace data. **Journal of science education and technology**, v. 25, n. 2, p. 284-301, 2016.

KAGERMANN, H., WAHLSTER, W., & HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the industrie 4.0 working group**. Frankfurt, Germany, 2013.

KARRE, H., HAMMER, M., KLEINDIENST, M., RAMSAUER, C. **Transition towards an Industry 4.0 State of the LeanLab at Graz University of Technology**, 2017.

LEE, E. A. **Cyber-physical systems: Design challenges**. 11th IEEE International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC), 363-369, 2008.

LEE, Jay; BAGHERI, Behrad; KAO, Hung-An. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, v. 3, p. 18-23, 2015.

LORENZ, M., RÜßMANN, M., STRACK, R., LUETH, K. L., & BOLLE, M. Man and machine in industry 4.0: How will technology transform the industrial workforce through 2025. **The Boston Consulting Group**, v. 2, 2015.

MASLARIĆ, Marinko; NIKOLIČIĆ, Svetlana; MIRČETIĆ, Dejan. Logistics response to the industry 4.0: the physical internet. **Open engineering**, v. 6, n. 1, 2016.

MEDEIROS, H. B., ARANHA, E. H. S., & NUNES, I. D. **Avaliação de Habilidades e Competências Baseada em Evidências e Jogos Digitais**. 2017. VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2017). VI Jornada de Atualização em Informática na Educação (JAIE 2017). <http://www.br-ie.org/pub/index.php/pie/article/view/7212/5012>.

OBTIKO, M., & JIRKOVSKY V. **Big Data Semantics in Industry 4.0**. Industrial, 2015.

PACHAURI, Digvijay; YADAV, Aruna. Importance of soft skills in teacher education programme. **International journal of educational research and technology**, v. 5, n. 1, p. 22-25, 2014.

PONTES, J. **Nanotecnologia, Comunicação Científica e Mundo do trabalho**. Working Paper, 2017.

RAO, M. S. **Myths and Truths About Soft Skills**. www.astd.org/TD, 2012.

REVISTA EXAME. **“Como será o profissional da indústria 4.0?”**, Editora Abril, São Paulo, Brasil, 2016. <https://exame.abril.com.br/tecnologia/como-sera-o-profissional-da-industria-4-0/>.

RIBEIRO, J. M. **O Conceito da Indústria 4.0 na Confeção: Análise e Implementação.** (Dissertação). Portugal: Universidade do Minho, 2017.

ROMERO, D., BERNUS, P., NORAN, O., STAHR, J., FAST-BERGLUND, Å. **The Operator 4.0: Human Cyber-Physical Systems & Adaptive Automation Towards Human-Automation Symbiosis Work Systems.** In: *et al.* Advances in Production Management Systems. Initiatives for a Sustainable World. APMS, 2016. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 488. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7_80.

RÜßMANN, M., LORENZ, M., GERBERT, P., WALDNER, M., JUSTUS, J., ENGEL, P., & HARNISCH, M. **Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries.** 2015. https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx.

SALES, M. V. S., & BURNHAM, T. F. **Cognição e Formação: uma reflexão complexa.** *International Journal of Knowledge Engineering and Management*, 3, 65-86, 2015.

SCHALLOCK, Burkhard et al. **Learning Factory for Industry 4.0 to provide future skills beyond technical training.** *Procedia Manufacturing*, v. 23, p. 27-32, 2018.

SCHUH, Günther et al. **Industrie 4.0: Maturity Index Managing the Digital Transformation of Companies.** Acatech Study. [S.l: s.n.], 2017.

SCHWAB, Klaus. **The fourth industrial revolution.** Currency, 2017.

SILVA, C. **Estudo das competências pessoais e interpessoais de acordo com as soft skills e hard skills nos empresários das PMEs.** Instituto Superior de Línguas e Administração, 2012.

SWIATKIEWICZ, Olgierd. **Soft, hard, or moral skills: an exploratory study on the workers' skills that organizations in Portugal appreciate most.** *Cad. EBAPE.BR*, v. 12, nº 3, artigo 7, Rio de Janeiro, Jul./Set. 2014, pg. 663-687. <https://doi.org/10.1590/1679-395112337>.

TVENGE, Nina; MARTINSEN, Kristian. **Integration of digital learning in industry 4.0.** *Procedia manufacturing*, v. 23, p. 261-266, 2018.

VENÂNCIO A., & BREZINSKI, G. **Sistema de Avaliação de Maturidade Industrial baseando-se nos conceitos da indústria 4.0.** (TCC). Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.