

**DANILO PETECOF MATTOSO**

**HABILIDADES TÉCNICAS E HUMANAS NECESSÁRIAS AOS  
OPERADORES DE ROBÔS COLABORATIVOS INDUSTRIAIS**

**Monografia apresentada ao Programa de  
Educação Continuada da Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo,  
para obtenção do título de Especialista,  
pelo Programa de MBA USP Tecnologias  
Digitais e Inovação Sustentável.**

**SÃO PAULO**

**2021**

**DANILO PETECOF MATTOSO**

**HABILIDADES TÉCNICAS E HUMANAS NECESSÁRIAS AOS  
OPERADORES DE ROBÔS COLABORATIVOS INDUSTRIAIS**

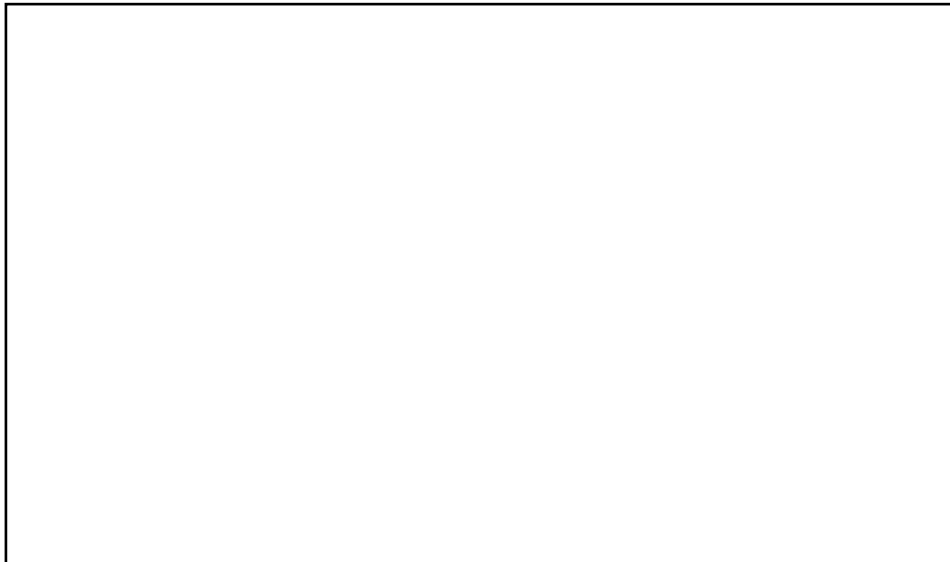
**Monografia apresentada ao Programa de  
Educação Continuada da Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo,  
para obtenção do título de Especialista,  
pelo Programa de MBA USP Tecnologias  
Digitais e Inovação Sustentável.**

**Orientadora: Patrícia Cristina do  
Nascimento Souto, PhD**

**SÃO PAULO**

**2021**

**FICHA CATALOGRÁFICA**

A large, empty rectangular box with a thin black border, occupying the lower half of the page. It is intended for entering cataloging data.

## **AGRADECIMENTOS**

À Professora Doutora Patrícia Cristina do Nascimento Souto pelo seu esforço e dedicação em orientar este trabalho.

À Professora Doutora Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho por todo comprometimento com o curso e alunos.

À minha mãe Maria Aparecida Petecof Nabarrete pelo apoio incondicional em todos os momentos e que investiu tanto tempo e afeto na minha formação.

Ao meu pai e ao meu irmão que sempre me apoiaram nos momentos mais difíceis.

A empresa Siemens Digital Industries Software que me incentivou a realizar este curso.

A todos os meus amigos, familiares e colegas de trabalho que acreditaram na realização deste sonho.

## RESUMO

Os robôs colaborativos (*cobots*) são utilizados em indústrias no mundo todo com o objetivo de facilitar a execução de tarefas repetitivas, antes executadas somente por humanos ou somente por robôs industriais tradicionais. A automatização de sistemas proporcionada pela robótica colaborativa permite que humanos e robôs interajam de maneira segura, dividindo tarefas e aumentando a flexibilidade dos processos de manufatura. A integração de robôs colaborativos no contexto da Indústria 4.0 vem exigindo dos operadores desses robôs um novo conjunto de habilidades técnicas e humanas que possam apoiar essa implementação e a utilização dessa tecnologia na fábrica. O presente trabalho busca identificar quais as habilidades técnicas e humanas necessárias e mais relevantes à operação de robôs colaborativos industriais. Por meio da pesquisa bibliográfica realizada sobre o robô colaborativo e as habilidades importantes para a operação dessa tecnologia da Indústria 4.0, o método empregado foi a localização, avaliação e síntese das habilidades técnicas e humanas necessárias na operação de robôs colaborativos publicadas em pesquisas científicas e publicações não-científicas (divulgadas por reconhecidas instituições e consultorias). Como resultado, as habilidades técnicas mais relevantes na operação de robôs colaborativo industriais foram identificadas como sendo: 'programação e software', 'inteligência artificial', 'interação humano-computador' e 'segurança cibernética e segurança de aplicações'. Em relação às habilidades humanas, foram identificadas cinco habilidades mais relevantes aos operadores de robôs colaborativos industriais: 'criatividade', 'adaptabilidade e aprendizagem contínua', 'liderança', 'trabalho em equipe' e 'pensamento crítico e tomada de decisão'. Por fim, este estudo realizou uma discussão sobre cada uma das habilidades identificadas e iniciou um entendimento que busca contribuir no desenvolvimento de treinamentos e recrutamentos dos profissionais que atuam ou pretendem atuar com robôs colaborativos na indústria manufatureira atual.

**Palavras-chave:** Robô colaborativo, indústria 4.0, habilidades técnicas, habilidades humanas, operador de robô industrial, indústria manufatureira.

## ABSTRACT

Collaborative robots (cobots) are used in industries around the world with the objective of facilitating the execution of repetitive tasks, previously performed only by humans or only by traditional industrial robots. The automation of systems provided by collaborative robotics allows humans and robots to interact safely, sharing tasks and increasing the flexibility of manufacturing processes. The integration of collaborative robots in the context of Industry 4.0 has been demanding from the operators of these robots a new set of hard and soft skills that can support this implementation and the usage of this technology in the factory. This work seeks to identify which hard and soft skills are necessary and most relevant to the operation of industrial collaborative robots. Through the bibliographical research carried out on the collaborative robot and the important skills for the operation of this industry 4.0 technology, the method used was the location, evaluation and synthesis of the hard and soft skills needed in the operation of collaborative robots published in scientific researches and non-scientific publications (shared by recognized institutions and consulting companies). As a result, the most relevant hard skills in the operation of industrial collaborative robots were identified as: 'programming and software', 'artificial intelligence', 'human-computer interaction' and 'cybersecurity and application security'. Regarding soft skills, five skills most relevant to industrial collaborative robot operators were identified: 'creativity', 'adaptability and continuous learning', 'leadership', 'teamwork' and 'critical thinking and decision-making'. Finally, this study discussed each of the identified skills and initiated an understanding that seeks to contribute to the development of training and recruitment of professionals who work or intend to work with collaborative robots in the current manufacturing industry.

**Keywords:** Collaborative Robot, Industry 4.0, Hard Skills, Soft Skills, Industrial robot operator, manufacturing industry.

## **LISTA DE FIGURAS**

<b>FIGURA 1 – HABILIDADES TÉCNICAS MAIS RELEVANTES AOS OPERADORES DE ROBÔS COLABORATIVOS INDUSTRIAIS.....</b>	<b>34</b>
<b>FIGURA 2 – HABILIDADES HUMANAS MAIS RELEVANTES AOS OPERADORES DE ROBÔS COLABORATIVOS INDUSTRIAIS.....</b>	<b>38</b>

## **LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA 1 - RESUMO DAS HABILIDADES TÉCNICAS MAIS RELEVANTES À OPERAÇÃO DE ROBÔS COLABORATIVOS IDENTIFICADAS NO PRESENTE ESTUDO .....</b>	<b>32</b>
<b>TABELA 2 - RESUMO DAS HABILIDADES HUMANAS MAIS RELEVANTES À OPERAÇÃO DE ROBÔS COLABORATIVOS IDENTIFICADAS NO PRESENTE ESTUDO .....</b>	<b>36</b>



# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
1.1	Motivação.....	10
1.2	Objetivo.....	10
1.3	Justificativa .....	10
1.4	Contribuição .....	12
1.5	Metodologia .....	12
1.6	Organização do trabalho .....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>16</b>
2.1	Contextualização.....	16
2.2	Robôs Industriais.....	17
2.3	Robôs Industriais Colaborativos .....	18
2.4	Tipos de Colaboração Humano-Robô .....	20
2.5	Contextualização das Habilidades Gerais na Robótica .....	21
2.6	Habilidades Técnicas.....	22
2.7	Habilidades Humanas .....	27
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>31</b>
3.1	Habilidades Técnicas na operação de robôs colaborativos .....	31
3.2	Habilidades Humanas na operação de robôs colaborativos .....	34
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
4.1	Contribuições do trabalho.....	39
4.2	Trabalhos futuros.....	41
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>42</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O termo *Indústria 4.0*, nascido originalmente na Alemanha, está sendo difundido mundialmente como a *4ª Revolução Industrial* e promovendo a digitalização da manufatura em todos os setores. A Indústria 4.0 está associada à implementação de *Sistemas Ciberfísicos*<sup>1</sup> que complementados pela utilização de *Tecnologias Habilitadoras*<sup>2</sup>, como *Robôs Colaborativos* e a *Inteligência Artificial*, estão alavancando a transformação digital dos negócios (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

No contexto de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, dados levantados pela *International Federation of Robotics (IFR)* apontam que em 2019, cerca de 4,8% dos robôs industriais instalados no mundo (18.000 em mais de 373.000) são robôs colaborativos (“*cobots*”), um aumento de 11% em relação ao ano anterior (2018). Um dos motivos desse aumento é o fato de que muitas tarefas robóticas podem ser rapidamente ensinadas aos robôs colaborativos por operadores da produção, através de interfaces intuitivas ou por demonstração, onde o operador orienta o braço do robô para a tarefa a ser realizada (EL ZAATARI et al., 2019). Graças a esses avanços tecnológicos, as tarefas de manufatura podem ser programadas por operadores com apenas algumas horas de treinamento, e por isso, em grandes empresas, esses funcionários já utilizam os robôs colaborativos como ferramentas do dia a dia na produção (IFR, 2020).

As aplicações com robôs colaborativos ou “*cobots*” têm permitido à indústria automatizar processos que são repetitivos como buscar peças e alimentar máquinas, ou até inspeções de qualidade, as quais são difíceis aos humanos realizarem sozinhos, de maneira consistente e por longos períodos de tempo (IFR, 2020). Algumas montagens de peças pesadas que podem causar graves problemas ergonômicos, como lesões

---

<sup>1</sup>*Cyber Physical Systems (CPS)* são sistemas automatizados que permitem a conexão das operações de realidade física com infraestruturas de computação e comunicação (JAZDI, 2014).

<sup>2</sup>*Key Enabling Technologies (KETs)* são investimentos e tecnologias que permitirão às indústrias europeias manter a competitividade e capitalizar em novos mercados. (European Commission: “Industrial revolution brings industry back to Europe”, 2012).

crônicas na coluna ou dores no corpo, também podem ser realizadas com auxílio de um robô colaborativo (HASHEMI-PETROODI et al., 2020).

Como ainda existem muitas tarefas em chão de fábrica que são fáceis para os humanos, porém difíceis de automatizar, a robótica colaborativa permite às empresas melhorar a produtividade usando robôs que complementam as atividades humanas, nas funções que exigem maior repetibilidade ou precisão (IFR, 2020). Porém, assim como os robôs colaborativos podem ajudar a melhorar a segurança e produtividade, se o desenvolvimento de habilidades dos operadores na produção da indústria manufatureira não for realizado de maneira efetiva, muitos operadores temem que os robôs possam substituir completamente seus empregos (RAMPERSAD, 2020).

A questão da perda de empregos é agravada quando as habilidades necessárias não são desenvolvidas de acordo com a demanda da evolução tecnológica da Indústria 4.0, e novos perfis de trabalho surgem para atender a implementação de tecnologias inovadoras como robôs colaborativos (LEITÃO et al.,2020). Esse novo perfil de trabalho na Indústria 4.0 implica na necessidade de requalificação e aperfeiçoamento constante da força de trabalho existente, sendo que o desenvolvimento das habilidades busca reduzir as taxas de desemprego entre os operadores da produção. Incluídas nessa requalificação e aprimoramento também estão as pessoas que necessitam do suporte físico fornecido pelo robô colaborativo, como por exemplo as pessoas mais velhas ou portadores de deficiência (MCKINSEY & COMPANY, 2019).

Segundo Silva (2021, p. 17), sobre as pesquisas de competências e habilidades do trabalhador no contexto da indústria 4.0 em sua dissertação de mestrado:

“Embora muitos trabalhos sejam pesquisados a respeito do tema de Recursos Humanos e desenvolvimento de competências no contexto da Indústria 4.0, verifica-se que há um gap de literatura com relação a estudos sobre as transformações dos Recursos Humanos 4.0 e no mapeamento de competências importantes para a atuação do trabalhador no contexto da Indústria 4.0, principalmente identificando quais competências necessárias para cada tecnologia específica.”

A declaração acima reforça a existência de uma lacuna de conhecimento sobre habilidades necessárias ao trabalhador no contexto de tecnologias da Indústria 4.0 e no mapeamento dessas habilidades de acordo com a tecnologia específica que está sendo estudada.

Considerando o exposto nesta introdução, o presente estudo tem como seu foco principal a identificação das habilidades necessárias unicamente para operação de robôs colaborativos, apontados como uma das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 em 2020 (LUETH; WOPATA, 2020).

## **1.1 Motivação**

A motivação principal deste trabalho advém da necessidade identificada de as indústrias manufatureiras, embora reconhecendo as oportunidades de investimentos em robôs colaborativos, precisarem desenvolver as habilidades dos profissionais que operam essa tecnologia. Dessa forma, empresas do setor manufatureiro e seus profissionais podem se beneficiar de uma identificação mais clara das habilidades necessárias e mais relevantes na operação de robôs colaborativos, e utilizar essa identificação para auxiliá-los a estruturar planos de contratação e/ou treinamentos na implementação dessa tecnologia.

## **1.2 Objetivo**

O objetivo deste trabalho é entender quais as habilidades – técnicas e humanas - necessárias e mais relevantes aos profissionais que operam robôs colaborativos industriais no setor manufatureiro.

## **1.3 Justificativa**

Considerando o aumento no número de robôs colaborativos na indústria manufatureira, tornam-se necessários profissionais capazes de operá-los com segurança, precisão e

produtividade nas tarefas do chão de fábrica, o que exige que esses operadores desenvolvam habilidades técnicas e humanas específicas.

As empresas buscam alcançar o potencial da Indústria 4.0 através do aumento nos níveis de automação e robótica. Isso implica em desafios na forma como o trabalho e os recursos são organizados dentro da fábrica para garantir a produtividade, qualidade e redução do desperdício com maior custo-benefício (AJOUDANI et al., 2020). Esses desafios impactam também em um trabalho harmonioso e conjunto entre robôs e humanos.

Neste contexto, as tecnologias de colaboração humano-robô (*Human Robot Collaboration: HRC*) têm um alto potencial em contribuir para garantir os requisitos de produtividade e qualidade da Indústria 4.0 porque combinam habilidades dos seres humanos (por exemplo criatividade e tomada de decisão) com a precisão e velocidade dos robôs para realizar tarefas complexas como montagem e solda (AJOUDANI et al., 2020).

Conforme pesquisa da *World Economic Forum* (2020), a maior barreira para adoção de novas tecnologias da Indústria 4.0 são as lacunas de habilidades no mercado de trabalho em que as empresas atuam. De acordo com o relatório da *IoT Analytics* (2020) que elencou os principais desafios da implementação de robôs colaborativos nas empresas, a falta de profissionais com as habilidades necessárias aparece em quarto lugar (LUETH; WOPATA, 2020). E pesquisa realizada por membros da *The Robotics Society* na Finlândia mostrou que a barreira mais significativa para adotar robôs colaborativos nas empresas é a falta de conhecimento técnico (AALTONEN; SALMI, 2019).

Os operadores da produção têm papel essencial na implementação e utilização de robôs colaborativos na Indústria 4.0. Nesse sentido, este estudo busca identificar quais são as habilidades técnicas e humanas necessárias e mais relevantes para o desenvolvimento destes profissionais e sua participação no trabalho em foco.

## 1.4 Contribuição

Para enfrentar o desafio de formação dos profissionais que operam robôs colaborativos, torna-se necessário identificar as habilidades relevantes para contribuir com programas de treinamento que poderão ser oferecidos aos operadores da produção, bem como a estudantes em seus programas educacionais regulares (LEITÃO et al., 2020). Neste sentido, o presente estudo busca contribuir para processos de formação desses operadores, identificando as habilidades necessárias e mais relevantes e iniciando um entendimento que ajude no desenvolvimento desses profissionais que almejam operar robôs colaborativos.

## 1.5 Metodologia

O presente estudo é uma pesquisa básica em relação aos seus objetivos. Realizou-se primeiramente uma pesquisa exploratória em área emergente (robótica colaborativa), usando o levantamento bibliográfico sobre o tema.

Na etapa de 'Revisão Bibliográfica' foi realizado um levantamento de publicações acadêmicas e não-acadêmicas relacionadas ao tema, através de uma identificação e análise da literatura nas principais revistas e bases de conhecimento renomadas na área de engenharia, e disponíveis à instituição de ensino USP (*Universidade de São Paulo*).

Dentre as publicações acadêmicas/científicas foram usadas as seguintes bases de dados: *IEEE*, *Springer*, *ACM* e *Elsevier*. Buscou-se artigos científicos nestas bases através da busca pelas palavras-chaves: 'cobots', 'collaborative robots', 'skills', 'soft skills' e 'technical skills'.

Além dos artigos nas bases de dados acima citadas, também foram utilizados relatórios técnicos e pesquisas estatísticas realizadas por instituições reconhecidas no setor industrial: *McKinsey&Company*, *World Economic Forum (WEF)* e *International Federation of Robotics (IFR)*. Todas essas publicações não-acadêmicas/científicas foram citadas pelos artigos acadêmicos/científicos encontrados nas bases de dados citados previamente.

Posteriormente à revisão bibliográfica, realizaram-se as análises e sínteses para identificar as habilidades técnicas e humanas mais necessárias e relevantes no contexto do trabalho em foco no presente estudo, e ampliar, de maneira preliminar, o entendimento das habilidades técnicas e humanas necessárias e mais relevantes aos operadores de robôs colaborativos industriais.

Para selecionar as habilidades técnicas e humanas mais relevantes dentre aquelas identificadas na revisão bibliográfica realizada, utilizou-se uma abordagem metodológica que inclui as seguintes etapas:

- 1 **Localização dos estudos científicos sobre habilidades na Indústria 4.0:** A partir da busca por palavras-chave e revisão bibliográfica realizada, foram localizados os estudos sobre as habilidades técnicas e/ou humanas necessárias aos profissionais que operam as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0, considerando a robótica colaborativa como parte integrante dessas tecnologias.
- 2 **Localização dos estudos científicos sobre habilidades na robótica colaborativa:** A partir da busca por palavras-chave e revisão bibliográfica realizada, foram localizados os estudos sobre as habilidades técnicas e/ou humanas necessárias aos profissionais que operam robôs colaborativos.
- 3 **Localização, avaliação e seleção dos relatórios técnicos sobre habilidades na Indústria 4.0:** Foram selecionados para análise somente os relatórios técnicos e pesquisas estatísticas realizadas pelas instituições reconhecidas do setor industrial e que apresentaram uma seleção explícita de habilidades técnicas e/ou humanas necessárias aos profissionais da Indústria 4.0. Esses relatórios técnicos foram escolhidos por aparecerem como referência nos artigos científicos localizados na etapa 1 acima.
- 4 **Avaliação e seleção dos estudos sobre habilidades na robótica colaborativa:** Também foram escolhidos para a análise todos os estudos localizados na revisão bibliográfica que apresentaram uma seleção explícita de habilidades técnicas e/ou humanas necessárias na operação de robôs colaborativos.
  - 4.1 **Definição do critério de relevância para identificação e escolha das habilidades técnicas e humanas:** Nesta etapa definiu-se o critério de seleção

e análise das habilidades técnicas e humanas mais relevantes aos operadores de robôs colaborativos. Para criação da lista final de habilidades mais relevantes considerou-se a frequência de vezes que as habilidades técnicas em comum ou relacionadas foram selecionadas pelos autores das publicações. O critério envolveu a comparação das habilidades que foram tanto consideradas como importantes pelos autores das publicações estudadas, como seleção daquelas que apareceram em mais de 50% das análises feitas pelos mesmos. Isto é, as habilidades que apareceram em mais de 50% das pesquisas e publicações analisadas, foram consideradas 'relevantes' pelo presente estudo.

- 4.2 **Análise e síntese das habilidades técnicas dos operadores de robôs colaborativos:** Foi feita uma análise das habilidades técnicas consideradas relevantes nas etapas anteriores.
- 4.3 **Análise e síntese das habilidades humanas dos operadores de robôs colaborativos:** Foi feita uma análise das habilidades humanas consideradas relevantes nas etapas anteriores.

Mesmo que as palavras utilizadas na definição da habilidade sejam diferentes, verificou-se também os conceitos dados pelos autores dos artigos científicos e técnicos, o contexto em que habilidade foi considerada pelos referidos autores e a semelhança conceitual dos termos utilizados pelos autores das pesquisas, para assim classificá-las como habilidades equivalentes. As listas finais de habilidades mais relevantes, ou seja, que apareceram na maioria das pesquisas selecionadas foram dispostas em tabelas e quadros de resumo na seção de 'desenvolvimento' do presente estudo.

## 1.6 Organização do trabalho

O presente estudo foi assim organizado:

O Capítulo 1, denominado 'INTRODUÇÃO', apresenta o contexto da pesquisa, as motivações, o objetivo, as justificativas e a metodologia utilizada.



O Capítulo 2, sob título de 'REVISÃO BIBLIOGRÁFICA', apresenta a fundamentação teórica feita a partir do estudo das principais referências e trabalhos correlatos encontrados na literatura. Foram revisados os resultados dos principais relatórios e pesquisas encontradas.

O Capítulo 3, entitulado 'DESENVOLVIMENTO', apresenta a síntese das pesquisas realizadas e seus respectivos resultados, identificando as habilidades técnicas e humanas mais relevantes na operação de robôs colaborativos. Por fim, o Capítulo 4, com o título de 'CONCLUSÃO' traz as principais conclusões obtidas, contribuições do presente estudo e sugestões de trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O objetivo desta seção da monografia é revisar e apresentar estudos já realizados pertinentes ao tema e ao problema em foco, apontados na seção 1 de Introdução. Assim sendo, a presente revisão bibliográfica englobará os tópicos Robô Industrial, Robô Industrial Colaborativo, Tipos de Colaboração Robô-humano e as Principais Habilidades (técnicas e humanas) exigidas aos profissionais que operam robôs colaborativos.

### 2.1 Contextualização

Depois que os primeiros robôs industriais apareceram na década de 1960, um verdadeiro surto de crescimento ocorreu quando as principais empresas do setor automotivo robotizaram seus processos de solda (MCKINSEY & COMPANY, 2019). Desde então, os robôs se tornaram um componente central e de crescimento constante nas estratégias de automação em uma ampla gama de setores da manufatura (MCKINSEY & COMPANY, 2019). Devido a esse crescimento, membros da *International Federation of Robotics* (2020) explicam que mais de 50% dos soldadores, operadores e montadores da indústria estarão trabalhando com robôs nos próximos 10 anos.

No contexto dessa evolução, pesquisas recentes sobre colaboração humano-robô estão acabando com o paradigma tradicional de que os robôs industriais trabalham somente em um espaço separado dentro de gaiolas de segurança, mas que humanos e robôs trabalham em conjunto para completar um número crescente de tarefas industriais (MAGRINI et al., 2020). Isso é possível graças a uma nova categoria de robôs, robôs colaborativos ou “*cobots*”, que reduzem o tempo que os profissionais na manufatura gastam com tarefas repetitivas, como buscar peças e alimentar máquinas, ou não-ergonômicas, como montagens de peças pesadas (IFR, 2020).

Em meio à utilização de mais robôs colaborativos, as interfaces de operação estão se tornando cada vez mais intuitivas, o que permite que operadores possam ser capazes de rapidamente implementar uma nova aplicação robótica (LEITÃO et al., 2020). Normalmente os robôs colaborativos são feitos de materiais mais leves e também podem

ser facilmente reposicionados na fábrica. Esta combinação de características tem feito com que profissionais que são novos em automação robótica de processos possam operar os robôs colaborativos na fábrica (LEITÃO et al., 2020).

Em contrapartida, os operadores de robôs colaborativos estarão cada vez mais envolvidos em outros tipos de atividades, como o treinamento de algoritmos de inteligência artificial usado para aplicações como manuseio de peças (IFR, 2020). Nestes casos, o trabalhador demonstra ao robô quais peças precisam ser escolhidas ou colocadas e, em seguida, supervisiona a atividade do robô até que o algoritmo de inteligência artificial tenha sido treinado corretamente para identificar, pegar e posicionar um objeto. Isso também se aplica para sistemas de inspeção, onde o operador treina o algoritmo do robô para conseguir distinguir um produto com falha de algo detectado erroneamente (HASHEMI-PETROODI et al., 2020).

Por isso, esses operadores/montadores devem estar atentos a essas áreas de conhecimento da robótica e em aprender novas habilidades necessárias no controle e domínio da tecnologia de robôs colaborativos – objetos de estudo dessa pesquisa. Essa aprendizagem permitirá que tais profissionais minimizem os riscos de desqualificação profissional e desemprego, ao mesmo tempo, em que as empresas que os empregam possam criar programas de treinamento mais focados nas reais necessidades do mercado de trabalho em que estão inseridos.

## **2.2 Robôs industriais**

Segundo a International Organization for Standardization (ISO, 2011), um robô industrial é um manipulador polivalente (capaz de realizar múltiplas tarefas) programável em três ou mais eixos (graus de liberdade), controlado automaticamente e reprogramável, que pode estar fixo no lugar ou móvel, para uso em aplicações de automação industrial (ISO 8373, 2011). Essa padronização internacional, criada em 2011, normalizou o conceito de robô e permitiu diferenciar, com mais clareza na literatura, quais máquinas ou dispositivos mecatrônicos podem ser chamados de “robôs” (IFR, 2017). Por isso, o presente estudo trabalha com a conceituação de robôs descrita acima.

No Brasil, a Norma Regulamentadora 12 (NR-12) é a norma que regulamenta a segurança no trabalho em máquinas e equipamentos (MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA, 2019). Por meio dela se definem os princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores. Além disso, ela define os requisitos mínimos para a prevenção de acidentes nas fases de projeto e de utilização de robôs industriais, como por exemplo as regras na implementação de grades e portões de segurança que protegem os operadores (PINEDA; DAMÉLIO, 2020).

### **2.3 Robôs industriais colaborativos**

A principal diferença dos robôs colaborativos em relação aos robôs industriais tradicionais é que estes não precisam de grades de segurança para realizar operações seguras. Possuem dispositivos de segurança embutidos (ou embarcados) que reduzem a necessidade de medidas de segurança externas, diminuindo assim os custos na instalação dos projetos (MCKINSEY & COMPANY, 2019).

Os avanços em mobilidade e flexibilidade dos robôs colaborativos incluem, por exemplo, técnicas de aperto aprimoradas (segurar objetos), a capacidade de lidar com uma variedade de formas e materiais, visão integrada e sensores que permitem que os robôs respondam a seu ambiente (EL ZAATARI et al., 2019). A capacidade de responder à voz e a comandos gestuais está tirando robôs de suas grades no chão de fábrica para realizar tarefas como embalar itens acabados em caixas e remoção de itens defeituosos das linhas de produção (IFR, 2017).

É importante destacar que a *International Federation of Robotics* (IFR, 2020) define dois tipos de robôs para uso colaborativo: (a) Os que cumprem a norma internacional ISO 10218-1, (b) Os que não cumprem a norma internacional ISO 10218-1. A norma ISO 10218-1 especifica os requisitos e diretrizes para o design seguro, medidas de proteção e informações para uso de robôs industriais.

Considerando que em geral os robôs colaborativos são construídos em conformidade com a ISO 10218-1 (EL ZAATARI et al., 2019), e que essa legislação obrigatória deve ser seguida como escrito (PAULIKOVÁ; BABELIOVÁ; UBÁROVÁ, 2021), o presente

estudo está focado nos robôs colaborativos que cumprem a ISO 10218-1, e que, segundo essa norma, apresentam quatro características principais (ISO, 2011):

1. **Parada monitorada de segurança:** O robô para quando o usuário entra na sua área de atuação e continua quando ele sai;
2. **Guiado a mão:** O usuário fica em contato direto com o robô enquanto o orienta e o treina.
3. **Monitoramento de velocidade e posição:** O robô diminui a velocidade quando o usuário se aproxima e para se o usuário se aproxima muito.
4. **Limitação de potência e força:** A força do robô é limitada por meios elétricos ou mecânicos.

A caracterização acima é importante para aqueles que estudam e implementam robôs colaborativos porque apesar de conterem materiais mais leves, bordas arredondadas e sensores capazes de controlar a força e a velocidade quando em contato (características que podem induzir a uma aplicação totalmente segura), cumprir esses quatro requisitos acima são os princípios básicos definidos pela ISO 10218-1 para que um robô colaborativo possa ser utilizado de maneira segura sem machucar um operador (IFR, 2020).

Cumprir todos os requisitos de segurança é uma das principais dificuldades de se implementar robôs colaborativos em um ambiente industrial atualmente (HASHEMI-PETROODI et al., 2020). Para garantir uma aplicação segura na prática, é necessário ainda que este robô não esteja empunhando nenhum tipo de ferramenta afiada ou com cantos vivos. E deve ser feita a chamada “apreciação de risco” para que sejam atendidos todos os requisitos legais de saúde e segurança do trabalho no país implementado (MAGRINI et al., 2020).

Essas observações sobre segurança se tornam muito importantes para o presente estudo, uma vez que os profissionais que utilizam os robôs colaborativos precisarão estar extremamente atentos aos riscos e às técnicas que os protejam no uso dessa tecnologia.

Isso aumenta o foco nas habilidades humanas, como tomada de decisão por exemplo, porque são habilidades que permitirão evitar acidentes ou sincronizar movimentos (LEITÃO et al., 2020). Além disso, o fato do operador interagir com robôs colaborativos, através dos sensores de movimento citados, exigirá desses operadores habilidades técnicas como conhecimento em inteligência artificial.

## **2.4 Tipos de colaboração Humano-Robô**

A norma internacional ISO desenvolveu padrões para robôs operando em cinco tipos diferentes de modo colaborativo. Esses cinco níveis de colaboração são: (a) Celular (b) Coexistente (c) Sincronizado (d) Cooperativo (e) Responsivo (BAUER et al., 2016). Isso permite que busquemos entender e classificar as diferentes habilidades necessárias aos operadores de acordo com o nível de colaboração exigido na tarefa robotizada em questão.

O primeiro tipo de colaboração – o nível (a) Celular - é o que exige o menor nível de colaboração entre homem e máquina. Esses robôs trabalham “presos” dentro de células de segurança e têm, portanto, o nível mais baixo de colaboração que uma aplicação robótica pode atingir (IFR, 2020).

Os demais níveis (coexistente, sincronizado, cooperativo e responsivo) são operações de espaço compartilhado, aplicações mais comuns atualmente de acordo com membros da IFR(2020), em que o robô e o operador trabalham lado a lado, completando tarefas sequencialmente. Esses níveis de colaboração são o foco do presente estudo, aplicações em que normalmente o robô executa tarefas repetitivas ou não ergonômicas para o operador, como levantar peças pesadas e apertar parafusos.

As aplicações do último nível, o nível (e) Responsivo, em que o robô responde em tempo real ao movimento de um operador, são as mais tecnicamente desafiantes de se implementar. Uma vez que o robô precisa se ajustar ao movimento do operador, seus movimentos não são completamente previsíveis e, portanto, o usuário final deve ter certeza de que todos os potenciais escopos de movimento atendem aos requisitos de

segurança (KOPP; BAUMGARTNER; KINKEL, 2020). Essas aplicações responsivas tendem a exigir um nível de treinamento maior dos operadores de robôs, uma vez que habilidades (tanto técnicas quanto humanas) que possibilitem a sincronização desses movimentos serão necessárias para que estes operadores atuem de maneira segura e eficiente (IFR, 2020).

## 2.5 Contextualização das habilidades gerais na robótica

No contexto de transformação dos negócios, mudanças de habilidades na força de trabalho acontecem desde que a primeira Revolução Industrial reconfigurou o papel das máquinas e dos operadores (MCKINSEY & COMPANY, 2018). De acordo com a *World Economic Forum (2020)*, as demandas de habilidades no mercado mudam constantemente, portanto os *gaps*<sup>3</sup> de habilidades continuarão a ser altos nos próximos anos (WEF, 2020).

A literatura aborda o termo ‘habilidade’ como a capacidade de aplicar conhecimento ou um talento particular na prática (FLEURY E FLEURY, 2001). Para a *World Economic Forum (2020)*, habilidades são as capacidades necessárias para completar uma tarefa, e conseqüentemente um trabalho. Portanto, o conhecimento puramente teórico não é capaz de desenvolver uma habilidade, é necessário transformar o conhecimento adquirido em ação para atingir um propósito específico (SALMAN, GANIE e SALEEM, 2020).

Porém, a literatura internacional diverge quanto ao conceito de habilidade. *Skill* é às vezes utilizada na tradução literal para o português como Habilidade e em outros momentos como Competência (*Competence* ou *Skill*). Competência é definido como um conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes interdependentes, necessárias para um determinado propósito (DURAND, 2000). De acordo com Silva (2021), é possível perceber uma atuação conjunta quando se utiliza o conceito de Competência e um

---

<sup>3</sup> *gap (in the market)* - uma oportunidade para um produto ou serviço que ainda não existe (Cambridge Dictionary, 2020)

elemento de atuação único quando se aborda o conceito de Habilidade. Portanto, o presente estudo irá considerar o conceito de ‘habilidade’ como sendo parte integradora de uma determinada ‘competência’, que pode conter ainda outros elementos como conhecimento puramente teórico ou comportamentos pessoais.

Para um melhor entendimento sobre as habilidades no contexto da Indústria 4.0 é essencial uma classificações em grupos (HECKLAU et al., 2016). Sendo assim, o presente estudo utilizou a classificação em Habilidades Técnicas (*Hard Skills*) e Habilidades Humanas (*Soft Skills*).

Dos quatro perfis clássicos de profissionais na produção (operadores, técnicos de manutenção, engenheiros e gerentes), a função de operador na produção será a mais afetada pela robótica nos próximos 10 anos (IFR, 2020). Em geral, processos de produção serão total ou amplamente automatizados, com operadores supervisionando o bom funcionamento dos robôs e outras máquinas na produção. Porém, esse aumento nos níveis de automação e robótica na indústria manufatureira em geral está exigindo novas habilidades técnicas aos operadores na linhas de produção, como conhecimento em inteligência artificial e desenvolvimento de software (LEITÃO et al, 2020).

Os operadores da produção serão fundamentais para projetar e ajustar processos de manufatura que incorporem robôs colaborativos de forma eficaz como assistentes humanos, pois muitas empresas reconhecem que o *design* do processo produtivo deve ser liderado por operadores, já que muitos têm conhecimento sobre quais partes da fábrica podem ser melhoradas por meio de assistentes robóticos, onde a inteligência humana é necessária (IFR, 2020). Esses operadores, portanto, serão demandados a combinar cada vez mais as habilidades técnicas com habilidades humanas, como a criatividade, tomada de decisão e raciocínio lógico.

## **2.6 Habilidades técnicas**

Habilidades técnicas, no inglês *Hard Skills*, são capacidades e conhecimentos técnicos necessários para um trabalho específico (HURRELL; SCHOLARIOS; THOMPSON, 2013). Esse tipo de habilidade está relacionado a conhecimentos que envolvem o trabalho com equipamentos, dados e softwares (FLORES, XU e LU., 2020). As



habilidades técnicas podem ser adquiridas através de treinamento, educação ou experiência (HENDARMAN e TJAKRAATMADJA, 2012).

Buscando classificar as habilidades técnicas relacionadas ao uso de tecnologias digitais em empresas de 15 setores industriais, a *World Economic Forum* (WEF) dividiu essas habilidades em dois grupos:

- **(a) Projeto e programação de tecnologias** – Segundo a WEF (2020, p. 155, tradução nossa), esse tipo de habilidade técnica se refere a “Capacidade de usar programação para projetar máquinas ou sistemas tecnológicos que atendam às necessidades do usuário. Além disso, entendendo como os outros usam as ferramentas, para determinar a causa dos erros operacionais e como consertá-los.” Essas habilidades técnicas incluem:
  - Inteligência Artificial
  - Hardware de computador e sistemas de rede
  - Segurança cibernética e segurança de aplicações
  - Ciência e análise de dados
  - Interação Humano-Computador
  - Desenvolvimento de produto *Scrum / Agile*
  - Software e programação
  - Suporte Técnico e Manutenção
  - Desenvolvimento *Web*
  
- **(b) Uso, monitoramento e controle de tecnologias** – Segundo a WEF (2020, p. 155, tradução nossa), essa habilidade refere-se a “Capacidade de selecionar as ferramentas certas necessárias para realizar tarefas, utilizar bem essas ferramentas, e configurar ou operar a tecnologia”. Essas habilidades técnicas incluem:

- Software de gerenciamento de construção
- Sistemas de Informação Clínica
- Design digital
- Alfabetização digital
- Marketing digital
- Sistemas de Informação Geográfica
- Sistemas de Gestão de Recursos Humanos
- Software de produtividade
- Tecnologias de Usinagem e Fabricação
- Computação Científica

Portanto, para cada tipo de trabalho e função desempenhada na Indústria 4.0, diferentes serão as habilidades técnicas necessárias no uso das tecnologias habilitadoras como robôs colaborativos. A pesquisa realizada pela *World Economic Forum* (2020), apontada acima, foi realizada em 2020 e reuniu 291 respostas de empresas globais, coletivamente representando mais de 7,7 milhões de funcionários no mundo todo. A amostra final da pesquisa é composta por 15 setores industriais (Serviços profissionais, Manufatura, Comunicação Digital, Tecnologia da Informação, Serviços financeiros, Mineração e Metais, Educação, Governo e Setor Público, Saúde, Automotivo, Agricultura, Alimentação e Bebida, Transporte e Armazenamento, Energia Utilitários, Óleo e Gás, e Manufatura Avançada) em 26 países que coletivamente representam 80% do PIB mundial.

De acordo com outra pesquisa realizada por LEITÃO et al. (2020), as dez habilidades técnicas mais relevantes (por ordem de relevância) na robótica colaborativa - foco do presente estudo - são nesta ordem :

- Inteligência Artificial

- Desenvolvimento de Software
- Sistemas de controle
- Projeto assistido por computador (*CAD – Computer Aided Design*)
- Processamento de Imagens
- Estratégias de Aprendizagem
- Parceria em times homem-máquina
- Avaliação de sistemas
- Design de tecnologias
- Matemática Aplicada

A pesquisa de Leitão et al. (2020) apontou também que Inteligência Artificial, apesar de ser a principal habilidade necessária no uso de robôs colaborativos, foi a habilidade que mostrou a maior lacuna na mão de obra das 73 empresas entrevistadas, indicando uma necessidade latente em reforçar essa habilidade no futuro para enfrentar os requisitos dos empregadores (LEITÃO et al., 2020).

A pesquisa de Aaltonen e Salmi (2019), realizada no ano de 2018, entrevistou 54 especialistas em robótica na Finlândia, e levantou que as habilidades técnicas que precisam de maior desenvolvimento entre os operadores menos experientes da indústria finlandesa são respectivamente:

- Inteligência Artificial
- *Design* de métodos para segurança.

Já para os operadores de robôs colaborativos mais experientes, as habilidades técnicas que ainda precisavam de desenvolvimento foram:

- Conhecimento em novas tecnologias de segurança
- Métodos de Programação

Para os autores (AALTONEN; SALMI, 2019), a pesquisa mostrou que colaboração e transferência de conhecimento entre os operadores na produção serão elementos necessários para alcançar maiores níveis de colaboração humano-robô (AALTONEN; SALMI, 2019). Assim, treinamentos não serão a única forma de operadores adquirirem habilidades técnicas e humanas, uma vez que o conhecimento também pode ser transferido de um operador mais experiente para o outro através da colaboração prática.

Em uma outra abordagem, na *Stellenbosch University* (África do Sul), Louw e Deacon (2020) utilizaram uma fábrica de aprendizagem para desenvolver habilidades técnicas relacionadas a robôs colaborativos, bem como habilidades humanas relacionadas à criatividade, pensamento sistêmico e resolução de problemas. Eles fizeram isso através de um método em que os alunos tiveram que projetar e implementar uma célula de produção automatizada com robôs colaborativos. Como resultado Louw e Deacon (2020, p.5, tradução nossa) fizeram uma tabela resumo das principais habilidades adquiridas pelos estudantes que realizaram os projetos, e dentre estas estão as seguintes habilidades técnicas:

- Robótica – “Operação técnica, programação do robô e análise do impacto no sistema de produção”.
- Comunicação de dados e redes – “Noções básicas de automação, IoT e comunicação de dados por rede”.
- Habilidades de programação – “Noções básicas de programação do robô”.
- Interação humano-robô e interfaces de usuário – “Capacidade de analisar aspectos de segurança quando humanos interagem com robôs”.
- Compreensão sobre o impacto da tecnologia – “Capacidade de analisar a abordagem ‘*Lean*’ para projeto da célula robótica, bem como tecnologia integrada, processo e design de sistema da informação”

Após a conclusão de um projeto de 300 horas, esse estudo resultou no desenvolvimento das cinco novas habilidades técnicas acima listadas para projetar e operar o sistema de robótica colaborativa em questão. Para Louw e Deacon (2020), as etapas futuras deste projeto envolvem o desenvolvimento de cursos de treinamento para a indústria, que

visam desenvolver habilidades relacionadas a Indústria 4.0 e robôs colaborativos para profissionais experientes, porém utilizando a mesma abordagem do projeto na fábrica de aprendizagem (LOUW; DEACON, 2020). As habilidades humanas adquiridas pelos estudantes deste projeto serão abordadas no capítulo seguinte deste trabalho.

A automatização de tarefas na manufatura está mudando o foco dos operadores na produção que antes se preocupavam somente em realizar processos manuais, como montagens, para agora gerenciar vários processos, aumentando também a necessidade de habilidades humanas como tomada de decisão e criatividade (IFR, 2020). Antigamente as habilidades técnicas eram as principais habilidades necessárias para ajudar a garantir a empregabilidade, porém no novo contexto de mudanças do ambiente de trabalho, essas habilidades não são suficientes para garantir o emprego (ROBLES, 2012).

## **2.7 Habilidades Humanas**

As Habilidades Humanas, no inglês *Soft Skills*, são habilidades que exigem maiores conhecimentos cognitivos ou sócio-emocionais (RA et al., 2020). E são compostas por atributos de personalidade e comportamento diretamente relacionados ao trabalho (ROBLES, 2012). Para Leitão et al. (2020), as habilidades humanas são qualidades desejáveis para certas formas de emprego que não dependem unicamente de conhecimentos adquiridos formalmente, incluindo o bom senso e a capacidade para lidar com as pessoas. De acordo com a pesquisa realizada por Leitão et al. (2020), as dez habilidades humanas mais relevantes nas fábricas do futuro, na seguinte ordem de relevância, são:

- Capacidade de se adaptar a novas situações
- Desenvolvimento contínuo de habilidades
- Resolução de problemas
- Inovação

- Comunicação
- Criatividade
- Liderança
- Inteligência Emocional
- Pensamento crítico / analítico
- Organização e planejamento

Para Leitão et al. (2020), a pesquisa acima realizada em 73 empresas indicou um impacto grande dessas habilidades no futuro das fábricas. Isso implica na necessidade de complementar a formação dos trabalhadores nas fábricas com essas novas habilidades, que podem ser alcançadas com a incorporação de programas de treinamento (LEITÃO et al., 2020).

Acompanhando a adoção de tecnologias avançadas na indústria, haverá um aumento na necessidade de operadores com habilidades humanas, como liderança e empreendedorismo, habilidades que as máquinas estão longe de dominar (McKinsey & Company, 2018). Essa mudança de atividades no local de trabalho, como a colaboração humano-robô, também irá requerer habilidades cognitivas superiores, principalmente a criatividade, e por causa disso, muitos executivos estão cientes de que eles precisam aprimorar uma parcela significativa de sua força de trabalho até 2023, devido ao avanço em automação e digitalização (MCKINSEY & COMPANY, 2019).

O relatório *Skill Shift: Automation and the future of workforce* da McKinsey Global Institute (2018) listou 25 habilidades de trabalhadores em empresas de 5 setores da indústria (bancário, energia e mineração, saúde, manufatura e varejo), divididas em 5 categorias: (a) habilidades físicas e manuais, (b) habilidades cognitivas básicas, (c) habilidades cognitivas superiores, (d) habilidades sociais e emocionais e (e) habilidades tecnológicas (MCKINSEY & COMPANY, 2018). Considerando a categorização realizada nesta pesquisa, de habilidades técnicas e humanas, as categorias do relatório *Skill Shift: Automation and the future of workforce* (2018) que se encaixam com o conceito de

habilidades humanas citado por RA et al.(2020), habilidades de conhecimentos cognitivos ou sócio-emocionais, são assim listadas:

- Habilidades de comunicação e negociação avançadas
- Habilidades interpessoais e empatia
- Liderança e gestão de outros
- Empreendedorismo e tomada de iniciativa
- Adaptabilidade e aprendizagem contínua
- Ensino e treinamento de outros
- Criatividade
- Pensamento crítico e tomada de decisão

Segundo o relatório *Skill Shift: Automation and the future of workforce* (2018), a demanda por habilidades humanas crescerá rapidamente. Com a adoção de tecnologias avançadas no local de trabalho os trabalhadores do futuro passarão muito mais tempo fazendo uso dessas habilidades do que fazem hoje (MCKINSEY & COMPANY, 2018).

Na fábrica de aprendizagem da *Stellenbosch University* (África do Sul), Louw e Deacon (2020, p.5, tradução nossa) apresentaram em tabela resumo as principais habilidades humanas adquiridas pelos estudantes ao final dos projetos de robótica colaborativa realizados:

- Habilidades de processo científico – “Capacidade de analisar o processo científico que inclui definição do problema, objetivos, processo, especificação de requisitos, conceituação, experimentação, teste e aprendizagem.”
- Criatividade – “Capacidade de desenvolver pensamento inovador para a resolução de problemas”.
- Gestão do conhecimento – “Capacidade de capturar, estruturar e reproduzir o conhecimento aprendido para uso futuro”.

Segundo Louw e Deacon (2020), os alunos cometeram muitos erros durante os projetos, mas por meio de experimentação e aprendendo com os erros, os alunos descobriram as restrições e limitações de uma aplicação com robôs colaborativos. O líder do estudo pôde perceber como o pensamento crítico, a reflexão e a compreensão mais profunda do aluno se desenvolveu ao longo do projeto com carga aproximada de 300 horas (LOUW; DEACON, 2020). Habilidades humanas como as listadas acima podem, portanto, serem desenvolvidas por operadores de robôs colaborativos em estágios iniciais de aprendizagem, através da realização de projetos, conforme o realizado na *Stellenbosch University* (LOUW; DEACON, 2020) .

Outro estudo de caso, realizado por Quenehen, Porachard e Klement (2019), analisou dois diferentes times de estudantes sem nenhum conhecimento anterior de robótica, que precisaram realizar um processo de montagem de um cilindro pneumático com auxílio de um robô colaborativo da *Universal Robot™* (UR5). Os alunos das duas equipes tiveram a oportunidade de listar as habilidades adquiridas durante o projeto, e como resultado, além das habilidades técnicas relacionadas à robótica, um número de habilidades humanas necessárias na operação de robôs colaborativos também foram adquiridas, incluindo:

- Gestão do tempo e prioridades
- Trabalho em equipe
- Gestão e divisão de responsabilidades

Segundo Quenehen, Porachard e Klement (2019), habilidades humanas serão necessárias para desbloquear níveis mais elevados de desempenho nas aplicações com robôs colaborativos. Para os autores será relevante mais pesquisas sobre as habilidades do operador em desenvolvimento, bem como sobre as funções e responsabilidades inerentes à integração de robôs colaborativos em projetos centrados no ser humano (QUENEHEN; PORACHARD; KLEMENT, 2019).



### 3 DESENVOLVIMENTO

Buscando atingir o objetivo geral proposto no presente estudo, nesta seção são apresentadas as sínteses das habilidades com base na metodologia descrita no capítulo 1. Primeiramente é apresentada a síntese das habilidades técnicas necessárias e mais relevantes aos operadores de robôs colaborativos, e posteriormente, a síntese das habilidades humanas.

#### **Habilidades técnicas na operação de robôs colaborativos**

A síntese das habilidades técnicas necessárias aos operadores de robôs colaborativos será feita através de uma análise comparativa entre as habilidades técnicas necessárias aos profissionais que operam as tecnologias digitais da indústria 4.0, listadas pelo relatório *Future of Jobs* da *World Economic Forum* (WEF, 2020), e as habilidades técnicas necessárias na operação de robôs colaborativos listadas pelas pesquisas dos autores que trataram especificamente do uso desta tecnologia. Foram comparadas as ocorrências de cada habilidade nos estudos apresentados pelas pesquisas revisadas para o presente estudo e foram selecionadas as habilidades técnicas mais relevantes segundo o critério exposto na seção ‘metodologia’. As habilidades que apareceram na maioria das pesquisas estão apresentadas na Tabela 1.

A análise e síntese aqui realizadas visam identificar as habilidades técnicas mais relevantes para os profissionais que atuam com tecnologias da indústria atual, mais especificamente, para os operadores de robôs colaborativos na produção. Com os avanços tecnológicos e novos perfis de profissionais na indústria, os operadores na produção agora também têm a responsabilidade de operar robôs colaborativos para executar novas tarefas, e isso está demandando o desenvolvimento de habilidades técnicas específicas.

Diante das habilidades técnicas necessárias à operação de robôs colaborativos identificadas na bibliografia, e aplicando a metodologia escolhida, discutem-se aqui as habilidades encontradas na maioria das publicações analisadas na etapa de revisão bibliográfica e consideradas pelo presente estudo como as mais relevantes e

necessárias para a operação de robôs colaborativos: (a) ‘software e programação’, (b) ‘inteligência artificial’, (c) ‘segurança cibernética e segurança de aplicações’ e (d) ‘interação humano-computador’. Se faz importante lembrar que, mesmo que as palavras utilizadas na definição da habilidade sejam diferentes, verificou-se também o conceito, contexto e semelhança de termos utilizados pelos autores das pesquisas para classificá-las e agrupá-las na Tabela 1.

<b>HABILIDADES TÉCNICAS NA OPERAÇÃO DE ROBÔS COLABORATIVOS</b>					
<b>Índice</b>	<b>World Economic Forum (2020)</b>	<b>Leitão et al. (2020)</b>	<b>Aaltonen e Salmi (2019)</b>	<b>Louw e Deacon (2020)</b>	<b>Frequência relativa (%)</b>
<b>Habilidade Técnica 1</b>	“Software e Programação”	“Desenvolvimento de Software”	“Métodos de Programação”	“Habilidades de programação”	100%
<b>Habilidade Técnica 2</b>	“Inteligência Artificial”	“Inteligência Artificial” “Estratégias de Aprendizagem”	“Inteligência Artificial”		75%
<b>Habilidade Técnica 3</b>	“Segurança cibernética e segurança de aplicações”	“Design de tecnologias de segurança”	“Design de métodos para segurança” “Conhecimento em novas tecnologias de segurança”		75%
<b>Habilidade Técnica 4</b>	“Interação Humano-Computador”	“Parceria em times homem-máquina”		“Interação humano-robô e interfaces de usuário”	75%

*Tabela 1: Resumo das habilidades técnicas mais relevantes à operação de robôs colaborativos identificadas no presente estudo*

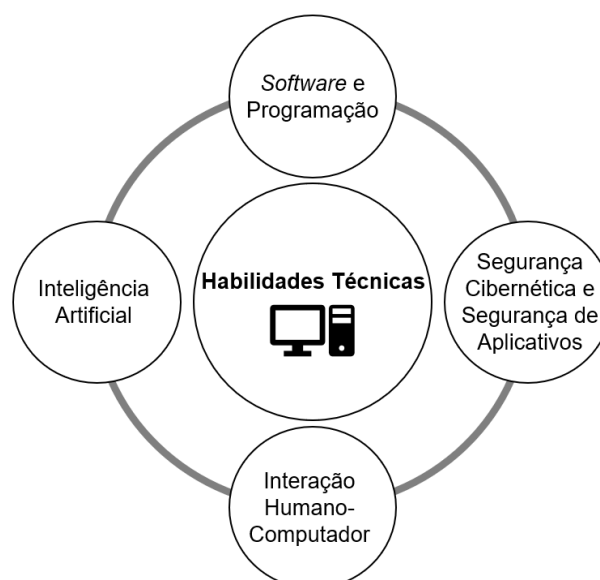
A primeira habilidade técnica mais relevante identificada dentre as habilidades citadas por todos os autores revistos no presente estudo, e que avaliaram a operação de robôs colaborativos, foi ‘software e programação’. No passado, integradores de sistema e especialistas em robótica eram os únicos obrigados a instalar, programar e operar robôs industriais (IFR, 2020). E graças aos avanços nas interfaces de programação, os robôs colaborativos se tornaram mais intuitivos para configurar e usar, porém os operadores gastam muito mais tempo aplicando habilidades técnicas de programação do que no

passado, o que justifica a necessidade de operadores que dominem essa habilidade. ‘Software e Programação’ foi a única habilidade técnica citada por todos os autores das pesquisas revisadas.

A segunda habilidade técnica considerada relevante pelo presente estudo é a segunda mais citada pelos autores, a ‘inteligência artificial’. O recurso de programação utilizado pelo operador do robô colaborativo deve ser escolhido à luz da complexidade do cenário industrial e do conhecimento do operador sobre aquela tarefa (EL-ZAATARI et al., 2019). Nesse sentido os recursos relacionados à aprendizagem de máquina e inteligência artificial são os que fornecem maior autonomia ao operador, porque permitem que ele programe intuitivamente o robô colaborativo por meio de dados de aprendizagem (HASHEMI-PETROODI et al., 2020). Durante a execução do processo de programação, um operador pode ser capaz de ensinar explicitamente as atividades ao robô colaborativo e fornecer dados adicionais, como respostas para perguntas por comando de voz e demonstrações personalizadas. Essas características das aplicações com robôs colaborativos reforçam a necessidade de se desenvolver habilidades técnicas de ‘Inteligência Artificial’, conforme identificado na Tabela 1. A inteligência artificial permite um equilíbrio para que o operador tome decisões primeiro e, em seguida, alivie sua carga de trabalho à medida que o robô aprende a operar autonomamente.

As habilidades técnicas mais relevantes da Tabela 1 incluem ainda a ‘segurança cibernética e segurança de aplicações’ e a ‘interação humano-computador’, porque independentemente de quais recursos de programação são usados no programa do robô colaborativo, as funcionalidades de segurança, como prevenção de colisões, devem ser sempre sobrepostas ao programa e priorizadas de acordo com a norma ISO 10218-1. A segurança está diretamente relacionada à ‘interação humano-computador’, pois as operações com robôs colaborativos são operações de espaço compartilhado, em que o robô e o operador trabalham lado a lado, completando tarefas sequencialmente (BAUER et al., 2016). Para Louw e Deacon (2020), a troca de conhecimento entre operadores, ou especialistas em avaliação de segurança e risco, é uma das formas de desenvolver essas habilidades.

A Figura 1, sintetiza as habilidades técnicas mais relevantes na operação de robôs colaborativos industriais.



*Figura 1 – Habilidades Técnicas mais relevantes aos operadores de robôs colaborativos industriais*

### **3.1 Habilidades humanas na operação de robôs colaborativos**

A escolha das habilidades humanas necessárias e mais relevantes aos operadores de robôs colaborativos será feita de acordo com o critério já explicado na seção 'metodologia', comparando-se as habilidades humanas nas fábricas do futuro - tendo como referência o relatório *Skill Shift: Automation and the future of workforce* (MCKINSEY & COMPANY, 2018) e a pesquisa de Leitão et al. (2020) - e as habilidades humanas necessárias na operação de robôs colaborativos segundo as pesquisas de autores que trataram especificamente do uso desta tecnologia. Foram comparadas as ocorrências de cada habilidade nas pesquisas revisadas pelo presente estudo e foram selecionadas as habilidades técnicas mais relevantes segundo o critério anteriormente explanado. As habilidades consideradas como mais necessárias e relevantes estão apresentadas na Tabela 2.

Além de auxiliar na programação dos robôs colaborativos em chão de fábrica, os operadores também serão fundamentais para projetar e ajustar processos que incorporem esses robôs de forma efetiva como assistentes humanos. As execuções de produções menores e tecnicamente simples, provavelmente, serão realizadas cada vez mais por operadores com assistentes robóticos colaborativos completando tarefas, como buscar e transportar materiais ou carregar máquinas. Esses operadores serão demandados a combinar cada vez mais as habilidades técnicas, citadas no capítulo anterior, com as habilidades humanas que lhes permitam adaptar este tipo de sistema flexível.

Diante das habilidades humanas necessárias na operação de robôs colaborativos identificadas na revisão bibliográfica e aplicando a metodologia apresentada anteriormente, discutem-se aqui as habilidades humanas consideradas como as mais necessárias e relevantes para a operação de robôs colaborativos. Essas habilidades são as seguintes: (a) 'criatividade', (b) 'pensamento crítico e tomada de decisão', (c) 'adaptabilidade e aprendizagem contínua', (d) 'liderança e gestão de outros' e (e) 'Habilidades de comunicação e negociação avançadas'. Entende-se importante lembrar que, mesmo que as palavras utilizadas na definição da habilidade sejam diferentes, verificou-se também o conceito, contexto e semelhança de termos utilizados pelos autores das pesquisas para classificá-las e agrupá-las na Tabela 2.

A primeira habilidade humana necessária na operação de robôs colaborativos é a 'criatividade', habilidade cognitiva que aumenta a capacidade de realizar várias tarefas ou adaptar-se a diferentes sistemas, e que é importante na operação dos sistemas ciberfísicos complexos da indústria 4.0. Neste cenário, onde o operador constantemente projeta e ajusta variações de processos que incorporam robôs colaborativos como assistentes humanos, é importante também saber analisar o ambiente e os dados para identificar oportunidades de aplicação, porque as análises "convencionais" já são feitas pelos robôs. A criatividade permite, portanto, ao operador criar essas alternativas de processos manufatureiros com uso de robôs colaborativos em locais onde normalmente ele teria que operar manualmente sozinho ou com auxílio de outros operadores, melhorando a produtividade, eficiência e a própria segurança da operação.

Pessoas criativas são capazes de promover transformações relevantes, pois a criatividade é funcional no momento de desenvolver tarefas e resolver problemas (CRAWFORD; DALTON, 2016), como por exemplo operar e treinar um robô colaborativo para realizar tarefas mais complexas da fábrica que não são normalmente automatizadas, ou resolver um problema de segurança novo que surge na operação. Os operadores também terão que ser mais criativos para propor soluções rápidas e se adaptar as novas tarefas que envolvem treinar os robôs colaborativos com algoritmos de inteligência artificial e aprendizagens interdisciplinares contínuas.

<b>HABILIDADES HUMANAS NA OPERAÇÃO DE ROBÔS COLABORATIVOS</b>					
<b>Índice</b>	<b>McKinsey &amp; Company (2018)</b>	<b>Leitão et al. (2020)</b>	<b>Quenehen, Porachard e Klement (2019)</b>	<b>Louw e Deacon (2020)</b>	<b>Frequência relativa (%)</b>
<b>Habilidade Humana 1</b>	“Criatividade”	“Criatividade”		“Criatividade”	75%
<b>Habilidade Humana 2</b>	“Pensamento crítico e tomada de decisão”	“Pensamento crítico / analítico”		“Habilidades de processo científico”	75%
<b>Habilidade Humana 3</b>	“Adaptabilidade e aprendizagem contínua”	“Desenvolvimento contínuo de habilidades”		“Gestão do conhecimento”	75%
<b>Habilidade Humana 4</b>	“Liderança e gestão de outros”	“Liderança”	“Gestão e divisão de responsabilidades”		75%
<b>Habilidade Humana 5</b>	“Habilidades de comunicação e negociação avançadas”	“Comunicação”	“Trabalho em equipe”		75%

*Tabela 2: Resumo das habilidades humanas mais relevantes à operação de robôs colaborativos industriais identificadas no presente estudo.*

A Inteligência do ser humano está diretamente relacionada ao ‘pensamento crítico’ e à ‘aprendizagem contínua’ (habilidades humanas 2 e 3 da Tabela 2), que em conjunto com a ‘criatividade’, tornam o operador o recurso mais flexível em sistemas de manufatura

(HASHEMI-PETROODI et al., 2020). Essas são habilidades que os robôs ainda não têm capacidade de adquirir e que diferenciam o operador humano na produção. O desenvolvimento dessas habilidades permite que os operadores auxiliem no projeto e supervisão de novas linhas de produção com uma quantidade maior de robôs colaborativos, até trabalhando simultaneamente, porque ao longo do processo de aprendizagem os operadores serão capazes de comandar os robôs em um menor período de tempo e tomar mais decisões sobre a operação da fábrica.

A automatização de tarefas nos processos produtivos mudará a execução de tarefas manuais pelos operadores para um gerenciamento de múltiplas tarefas automatizadas, na maioria das vezes dentro de uma equipe de especialistas com diferentes habilidades (MCKINSEY & COMPANY, 2018). Como resultado dessa colaboração entre profissionais, habilidades humanas de ‘Liderança’ e ‘Comunicação’ (habilidades humanas 4 e 5 da tabela 2) - aplicadas ao projeto e otimização de processos de produção - serão cada vez mais importantes na operação de robôs colaborativos (IFR, 2020). O líder tem o papel de preparar suas equipes para agir, com olhar sistêmico e pensamento estratégico, por exemplo delegando as operações mais difíceis com robôs colaborativos para os profissionais mais experientes. Elementos humanos como sensibilidade e empatia – características essenciais para qualquer tipo de liderança e comunicação - são importantes quando um operador mais experiente fica encarregado de ensinar habilidades técnicas específicas a um novo operador ou profissional menos experiente.

As equipes multidisciplinares terão papel relevante na resolução de problemas com robôs colaborativos, pois além da troca de conhecimento entre membros de equipes, o que acelera o processo de aprendizagem, o ‘trabalho em equipe’ é uma das habilidades humanas que pode ser adquirida por operadores na produção durante os primeiros projetos com robôs colaborativos (QUENEHEN; PORACHARD; KLEMENT, 2019). Nesse sentido, a habilidade de ‘comunicação’ é essencial, para estabelecer uma troca de informação e de conhecimento entre as pessoas e tomar decisões conjuntas rápidas diante da complexidade da fábrica e das aplicações com robôs colaborativos.

A Figura 2 sintetiza as habilidades humanas mais relevantes na operação de robôs colaborativos industriais:



*Figura 2 - Habilidades Humanas mais relevantes aos operadores de robôs colaborativos industriais*



## **4 CONCLUSÃO**

### **4.1 Contribuições do trabalho**

A partir da revisão bibliográfica realizada no presente estudo, ficou mais claro a falta de conhecimento dos operadores na produção manufatureira atual, com relação às habilidades necessárias no domínio das aplicações com robôs colaborativos, uma tecnologia relativamente nova no mercado. Por conta disso, os autores também indicam a necessidade latente por treinamentos em empresas e instituições de ensino.

A identificação das habilidades mais relevantes na operação destes robôs colaborativos é apenas um primeiro passo para auxiliar e iniciar um entendimento que contribua para o desenvolvimento de treinamentos e processos de recrutamento no futuro da indústria manufatureira.

A construção deste estudo baseou-se em artigos científicos e relatórios técnicos publicados nos periódicos de grande relevância acadêmica e por empresas de consultoria internacionais renomadas, porém verificou-se uma quantidade pequena de referências que retrata especificamente das habilidades na robótica colaborativa em relação a outras tecnologias habilitadoras que estão mais maduras nas indústrias.

A partir das cinco habilidades técnicas mais relevantes aos operadores de robôs colaborativos industriais, identificadas no presente estudo, entende-se que as instituições de ensino, empresas e responsáveis pelo treinamento de profissionais em habilidades técnicas, podem enriquecer de certa forma o ensino dessas habilidades aos operadores que atuam na indústria manufatureira. Mesmo em estágios iniciais da carreira, isso pode contribuir para a aceleração da introdução de novos operadores na robótica colaborativa e, conseqüentemente, na expansão desta tecnologia em novas potenciais indústrias em que ela ainda não é aplicada ou é pouco utilizada.

O operador na produção tem a responsabilidade de ensinar ao robô a tarefa a ser executada na fábrica, em tempo real, de acordo com a demanda produtiva. Para isso não bastam somente as habilidades técnicas de inteligência artificial ou aprendizagem

de máquina, são necessárias também habilidades humanas como adaptabilidade e tomada de decisão, que permitem ao operador ser inovador em integrar os robôs colaborativos, adaptar-se as peculiaridades dos processos produtivos e agir de maneira rápida na resolução de eventuais dificuldades de implementação. Dificuldades essas que diminuem também quando os operadores trabalham cooperativamente em equipes, o que exige o desenvolvimento das habilidades humanas de 'colaboração' e 'comunicação'.

Pelo estudo das habilidades humanas, identificaram-se cinco habilidades mais relevantes aos operadores de robôs colaborativos no contexto da Indústria 4.0. E o que se percebe é que o aumento no volume de dados na indústria está exigindo análises mais sofisticadas que dependem de habilidades humanas como a criatividade humana e a tomada de decisão baseada em dados, para uso dos robôs colaborativos em aplicações industriais complexas e cada vez mais conectadas.

A literatura sobre o impacto de robôs colaborativos ainda está em seu estágio inicial (VIJAYA & BAHLI, 2020), porém apoia a ideia de que a integração de robôs colaborativos em empresas acelera a produtividade, reduz custos, melhora a qualidade e confiabilidade, aumenta salários e até mesmo a demanda total de trabalho. No entanto, entende-se que essas vantagens são atingidas quando o operador na produção é capaz de extrair o máximo potencial das aplicações com robôs colaborativos, combinando um conjunto completo de habilidades técnicas e humanas, como as identificadas neste estudo.

## 4.2 Trabalhos futuros

O presente estudo buscou refletir sobre o papel e a importância das habilidades técnicas e humanas para os operadores de robôs colaborativos industriais, mas vale ressaltar que não foi abordada uma lista completa das habilidades nem da literatura que engloba os outros temas em foco. Com isso, entende-se que possíveis trabalhos futuros poderiam incluir:

- A utilização de outras metodologias para a ampliação e aprofundamento do entendimento das habilidades mais necessárias e relevantes na operação de robôs colaborativos.
- A realização de um mapeamento mais amplo de habilidades que considere outras habilidades e categorias disponíveis na literatura nacional e internacional, assim como estudos de caso.
- A realização de pesquisa de campo no contexto do trabalho na indústria manufatureira que utiliza programas de treinamento nas organizações, que possua operadores de robôs colaborativos e que esteja buscando desenvolver as habilidades identificadas ou outras na busca de requalificação de seus colaboradores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALTONEN, L.; SALMI, T. **Experiences and expectations of collaborative robots in industry and academia: barriers and development needs**, Procedia Manufacturing, v. 38, p. 1151-1158, ISSN 2351-9789, 2019.

ACEMOGLU, D.; RESTREPO P. **Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor**. Journal of Economic Perspectives, v. 33 (2) p. 3-30, 2019.

AJOUDANI, A. et al., **Smart Collaborative Systems for Enabling Flexible and Ergonomic Work Practices [Industry Activities]**, IEEE Robotics & Automation Magazine, v. 27, no. 2, p. 169-176, 2020.

BAUER, W.; BENDER, M.; BRAUN, M.; RALLY, P.; SCHOLTZ, O. **Lightweight Robots in Manual Assembly – Best to Start Simply. Examining Companies' Initial Experiences with Lightweight Robots**. Fraunhofer Institute for Industrial Engineering IAO, Stuttgart, 2016. Disponível em: <https://www.edig.nu/assets/images/content/Studie-Leichtbauroboter-Fraunhofer-IAO-2016-EN.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2021

CRAWFORD, P.; DALTON, R. **Providing built environment students with the necessary skills for employment: Finding the required soft skills**. Current Urban Studies, v. 4(01), p.97, 2016.

DE VRIES, G.J., GENTILE, E., MIROUDOT, S. and WACKER, K.M., **The rise of robots and the fall of routine jobs**. Labour Economics, v. 66, p.101885, 2020.

DURAND, T. **L'alchimie de La compétence**. Revue Française de Gestion, Paris, v. 127, p. 84-102, 2000.

EI ZAATARI, S.; MAREI; M.; LI, W.; USMAN, Z.; **Cobot programming for collaborative industrial tasks: An overview**, Robotics and Autonomous Systems, v. 116, p. 162-180, ISSN 0921-8890, 2019.

FLEURY, M. T. L.; FLEURY, A. **Construindo o conceito de competência**. Rev. adm. contemp., Curitiba, v. 5, p. 183-196, 2001.

FLORES, E., XU, X.; LU, Y., **Human Capital 4.0: a workforce competence typology for Industry 4.0**. Journal of Manufacturing Technology Management, v. 31, n. 4, p. 687-703, 2020.

HENDARMAN, A.F.; TJAKRAATMADJA, J.H. **Relationship among soft skills, hard skills, and innovativeness of knowledge workers in the knowledge economy era**. Procedia-Social and Behavioral Sciences, v. 52, p.35-44, 2012.

HASHEMI-PETROODI, S.E., THEVENIN, S., KOVALEV, S.; DOLGUI, A., **Operations management issues in design and control of hybrid human-robot collaborative manufacturing systems: a survey**. Annual Reviews in Control, v. 49, p.264-276, 2020.

HECKLAU, F.; GALEITZKE, M.; FLACHS, S.; KOHL, H. **Holistic approach for human resource management in Industry 4.0**. Procedia CIRP, v. 54, p. 1-6, 2016.

HURREL, S. A., DORA, S.; THOMPSON P. **More than a ‘humpty dumpty’ term: Strengthening the conceptualization of soft skills**. Economic and Industrial Democracy, v. 34.1, p. 161-182, 2013.

INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS. **Positioning Paper: Demystifying Collaborative Industrial Robots**. Frankfurt, International Federation of Robotics, 2020. Disponível em: <https://ifr.org/papers>. Acesso em: 18 ago. 2021.

INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS. **Positioning Paper: Next Generation Skills - Enabling today’s and tomorrow’s workforce to benefit from automation**. Frankfurt, International Federation of Robotics, 2020. Disponível em: <https://ifr.org/papers>. Acesso em: 18 ago. 2021.

INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS. **Service Robots**. Frankfurt, International Federation of Robotics, 2021. Disponível em: <https://ifr.org/service-robots>. Acesso em: 18 ago. 2021.

INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS. **Positioning Paper: The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs**. Frankfurt, International Federation of Robotics, 2017. Disponível em: <https://ifr.org/papers>. Acesso em: 18 ago. 2021.

ISO 10218-1-2011, **Robots and Robotic Devices – Safety Requirements for Industrial Robots. Part 1: Robots**, desde 1 de Julho, 2011, URL <http://www.iso.org>

ISO 10218-2-2011, **Robots and Robotic Devices – Safety Requirements for Industrial Robots. Part 2: Robot Systems and Integration**, desde 1 de Julho, 2011, URL <http://www.iso.org>

JAZDI, N. **Cyber physical systems in the context of Industry 4.0**, IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, p. 1-4, 2014.

KAGERMANN, H.; Wahlster, W.; Helbig, J. Securing the future of German manufacturing industry. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0**. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Acatech, p. 5-78, 2013.

KOPP, T., BAUMGARTNER, M., KINKEL, S. **Success factors for introducing industrial human-robot interaction in practice: an empirically driven framework**. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology; v.112(3), p. 685-704, 2021.

LAKSHMI, V.; BAHLI, B. **Understanding the robotization landscape transformation: A centering resonance analysis**. Journal of Innovation & Knowledge, v. 5(1), p.59-67, 2020.

LEITÃO, P.; GERALDES, C. A. S.; FERNANDES F. P.; BADIKYAN H. **Analysis of the Workforce Skills for the Factories of the Future** IEEE Conference on Industrial Cyberphysical Systems (ICPS), p. 353-358, 2020.

LOUW, L.; DEACON, Q. **Teaching Industrie 4.0 technologies in a learning factory through problem-based learning: Case study of a semi-automated robotic cell design**. Procedia Manufacturing, v. 45, p. 265-270, 2020.

LUETH, K. D., WOPATA, M., **Industry 4.0 & Smart Manufacturing Adoption Report 2020**, IoT Analytics GmbH, 2020. Disponível em: <https://iot-analytics.com/product/industry-4-0-smart-manufacturing-adoption-report-2020/> Acesso em: 19 ago. 2021.

MAGRINI, E.; FERRAGUTI, F.; RONGA, A.J.; PINI, F.; DE LUCA, A.; LEALI, F. **Human-robot coexistence and interaction in open industrial cells**. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, v. 61, 101846, 2020.

MCKINSEY & COMPANY. **Industrial robotics – insights into the sector’s future growth dynamics**. McKinsey & Company, 2019. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/advanced-electronics/our-insights/growth-dynamics-in-industrial-robotics> Acesso em: 18 ago. 2021.

MCKINSEY & COMPANY. **Skill shift: Automation and the future of the workforce**, McKinsey & Company, 2018. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/skill-shiftautomation-and-the-future-of-the-workforce> Acesso em: 18 ago. 2021.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E PREVIDÊNCIA. **Norma Regulamentadora No. 12 (NR-12)**, Governo Federal, Portaria SEPRT nº 916, 2019. Disponível em:

<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-12.pdf> Acesso em: 6 mar. 2022

PAULIKOVÁ, A.; GYURÁK BABEL'OVÁ, Z.; UBÁROVÁ, M; **Analysis of the Impact of Human–Cobot Collaborative Manufacturing Implementation on the Occupational Health and Safety and the Quality Requirements**. Int. J. Environ. Res. Public Health v. 18, no. 4, p. 1927, 2021.

PINEDA, D.; DAMÉLIO, M.; **Segurança com cobots e NR12**. Universal Robots, 2020. Disponível em: <https://www.universal-robots.com/br/blog/seguranca-com-cobots-e-nr12/> Acesso em: 6 mar. 2022

QUENEHEN, A.; POCACHARD, J.; KLEMENT, N. **Process optimisation using collaborative robots-comparative case study**. IFAC-PapersOnLine, v. 52(13), p.60-65, 2019.

RA, S.; SHRESTHA, U.; KHATIWADA, S.; YOON, S. W.; KWON, K. **The Rise of Technology and impact on skills**. International Journal of Training Research, v. 17, p. 26-40, 2019.

RAMPERSAD, G., **Robot will take your job: Innovation for an era of artificial intelligence**. Journal of Business Research, v. 116, 68–74, 2020.

ROBLES, M. M. **Executive perceptions of the top 10 Soft Skills needed in today's workplace**. Business Communication Quarterly, v. 75, n. 4, p. 453-465, 2012.

SALMAN, M., GANIE, S.A.; SALEEM, I. **The concept of competence: a thematic review and discussion**. European Journal of Training and Development, v. 44 n. 6/7, p. 717-742, 2020.

SILVA, Leonardo Breno Pessoa da. **Proposta de mapeamento de competências para atuação do trabalhador no contexto da indústria 4.0**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021.

WELFARE, K. S.; HALLOWELL, M. R.; SHAH, J. A.; RIEK, L. D., **Consider the Human Work Experience When Integrating Robotics in the Workplace** 14th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), p. 75-84, 2019

WEST, D. M. **What happens if robots take the jobs? The impact of emerging technologies on employment and public policy**. Washington DC: Centre for Technology Innovation at Brookings, 2015.

WEF (WORLD ECONOMIC FORUM). **The Future of Jobs Report 2020**. Centre for the New Economy and Society, 2020. Disponível em:

[https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs\\_2020.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf) Acesso em: 19 ago 2021