
GESTÃO DO CONHECIMENTO E A INDÚSTRIA 4.0: O PAPEL DO GESTOR DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL NESTE NOVO CONTEXTO

KNOWLEDGE MANAGEMENT AND INDUSTRY 4.0: THE ROLE OF THE INDUSTRIAL PRODUCTION MANAGER IN THIS NEW CONTEXT

Adan Rodrigo Pedroso¹, Walter De Araújo Bezerra¹, José Marcos Romão Júnior²,
Joaquim M. F. Antunes Neto³

1- Graduados em Tecnologia da Gestão da Produção Industrial na FATEC – Itapira; 2- Especialista em Controladoria e Finanças (INPG –Brasil) e Coordenador do CST em Gestão da Produção Industrial da FATEC - Itapira; 3 - Doutor em Biologia Funcional e Molecular (Instituto de Biologia - UNICAMP), Especialista em Tecnologias da Indústria 4.0 (Faculdade Focus), MBA em Gestão de Estratégia Empresarial (Faculdade São Luís), orientador.

Contato: jnetho71@gmail.com

RESUMO

Diferentes áreas estão estudando a indústria 4.0, como administração, engenharia elétrica, ciência da computação, entre outras. Por ser estudada antes de acontecer, ou enquanto está acontecendo, uma série de questões podem ser envolvidas com a quarta revolução industrial. Nota-se a estreita relação da educação corporativa com a evolução dos sistemas de produção, acompanhando as necessidades de capacitação dos trabalhadores de cada revolução industrial. Sendo a educação corporativa uma importante área das organizações, responsável em gerenciar o desenvolvimento das capacidades requeridas da força de trabalho, visando a construção da sonhada vantagem competitiva sustentável. Desta forma, é de interesse estudar conceitos relacionados com a indústria 4.0 e as estratégias que o novo gestor da produção industrial precisará adquirir e desenvolver frente ao cenário que se desenha. A perspectiva foi desenvolver um estudo de revisão bibliográfica integrativa, com o foco no conceito de “Soft Skills”, que vem sendo tratado como relevante conforme análise prévia da literatura.

Palavras Chaves: Indústria 4.0. Gestão da produção industrial. Habilidades profissionais. Soft Skills.

ABSTRACT

Different areas are studying industry 4.0, such as administration, electrical engineering, computer science, among others. Because it is studied before it happens, or while it is happening, a number of issues can be involved with the fourth industrial revolution. The close relationship between corporate education and the evolution of production systems can be

noted, following the training needs of workers in each industrial revolution. Since corporate education is an important area of organizations, responsible for managing the development of the Skills required of the workforce, aiming at building the dreamed of sustainable competitive advantage. In this way, it is of interest to study concepts related to industry 4.0 and the strategies that the new manager of industrial production will need to acquire and develop in the face of the scenario that is designed. The perspective is to develop an integrative literature review study, focusing on the concept of "Soft Skills", which has been treated as relevant according to a previous literature review.

Keywords: Industry 4.0. Industrial production management. Professional Skills. Soft Skills.

579

INTRODUÇÃO

A evolução das Tecnologias de Informação (TI) e sua introdução nos processos de produção têm transformando a indústria tradicional, elevando-a para um novo patamar de desenvolvimento organizacional. A fim de aproveitar os benefícios dessas tecnologias para fortalecer a competitividade no mercado global, uma mudança de paradigma na fabricação vem sendo discutida em todo mundo.

Santos e colaboradores (2018) apontam que nas últimas três décadas, o desenvolvimento das TI e a sua integração nos processos de produção trouxeram benefícios ao nível de toda cadeia de valor. A evolução na capacidade das tecnologias alavancou a produtividade industrial, reduzindo os custos de produção e fornecendo soluções eficazes para atender os clientes com qualidade, velocidade e melhor custo/benefício. Atualmente, a introdução de novos conceitos como a produção baseada na Internet não só permite melhorar a comunicação entre fabricantes, clientes e fornecedores como cria novas maneiras de atender os clientes através de novos modelos de negócios. Diante desses recentes desenvolvimentos tecnológicos e de um cenário em que há uma procura cada vez maior por produtos personalizados, maior complexidade, maior qualidade e custos reduzidos; a ascensão de um novo modelo de indústria está sendo discutido em todo o mundo sob o tópico de Indústria 4.0 (SANTOS et al., 2018).

Um progresso impressionante foi feito em Inteligência Artificial nos últimos anos, impulsionado por aumentos exponenciais no poder de processamento e pela disponibilidade de grandes quantidades de dados, propiciando desde a criação de *Softwares* usados para descobrir novos medicamentos até algoritmos para prever nossos interesses culturais (MACEDO; MARQUES; ARAÚJO, 2018). As tecnologias de fabricação digital têm interagido de forma rápida e progressiva com engenheiros, projetistas, arquitetos e gestores nas mais diversas frentes, combinando *design* computacional, manufatura aditiva, engenharia de materiais e sistemas de controle

gerenciais, entre outros, condição que exige integração de conhecimentos e delimitação de funções neste novo cenário fabril que surge.

Oliveira e Álvares (2018) colaboram ao aferir que o mundo empresarial passa por constantes mudanças impulsionadas pela necessidade das organizações se manterem competitivas em um mercado global e responderem aos anseios de consumidores exigentes com demandas variadas e contínuas. Nesse contexto, as empresas estão vendo a necessidade de adequar os seus processos em estruturas que garantam uma produção mais eficiente, com mais qualidade, menores custos e tempos de ciclo reduzidos.

No âmbito das empresas de manufatura os fatores de competitividade estão intimamente relacionados ao sistema de produção, envolvendo uma adequada gestão do chão-de-fábrica e uma clara visão sobre o seu estado operacional. Observando isso, a indústria manufatureira investe cada vez mais na integração de suas instalações físicas por meio das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) a fim de obter informações sobre o processo produtivo de forma detalhada, precisa e em tempo real, e com isso decisões possam ser tomadas, produtos sejam aprimorados e as expectativas individuais dos consumidores possam ser atingidas.

Por ser um contexto novo, a indústria 4.0 possui carências em relação a informações, padronizações e conceitualizações. Algumas tecnologias ainda são abstratas em relação a sua aplicação prática, necessitando de um bom direcionamento e diretrizes de utilização (CARVALHO; DUARTE FILHO, 2018). Por outro lado, Souza e Santos (2020) também ressaltam que a Quarta Revolução Industrial tem muitas implicações para os modelos de negócios e tem atraído uma crescente atenção de acadêmicos e pesquisadores nos últimos anos, uma vez que se trata de um movimento que tem potencial de grandes oportunidades. No entanto, ao mesmo tempo, podem comprometer seriamente as empresas que não reagirem de forma rápida e eficaz às mudanças que estão em curso.

Dessa forma, cabe dizer que a Indústria 4.0 impulsiona ainda mais complexidade organizacional que culmina na necessidade de reconhecer o valor das parcerias externas em capacitação e desenvolvimento de competências operacionais e aplicação de novos procedimentos para obter a flexibilidade na implementação do novo paradigma que, sem dúvidas, impactam diretamente na cultura da empresa (SOUZA; SANTOS, 2020). Portanto, nesta perspectiva, espera-se que emergja um novo comportamento de gestão, que demandará a concepção de novos conhecimentos e diferentes olhares para o trinômio trabalho-eficiência-pessoa.

O presente trabalho justifica-se ao enfatizar que as competências de caráter técnico (*Hard*) são aquelas que tornam o indivíduo apto a desempenhar determinada função e assumir um cargo na organização, enquanto as competências de aspecto

comportamental e socioemocional (*Soft*) relacionam-se às capacidades internas do sujeito, que demonstram seu diferencial competitivo como profissional. Ambas as competências são importantes para o desempenho do indivíduo e contribuem para que ele seja capaz de administrar os diferentes desafios profissionais (SERPRA; SEFRIN, 2021).

Dadas definição, características e desafios da Indústria 4.0, cabe elencar a relação entre as competências operacionais e a chamada Quarta Revolução Industrial que, para ter sucesso no ambiente, é necessária atenção à capacitação, aprendizagem, gestão do conhecimento e capacidade de inovação. Sendo assim, o desenvolvimento da mão de obra de acordo com os requisitos da Indústria 4.0 requer práticas de gestão relevantes para o alavancar de novas competências dos seus colaboradores.

Importante a visão de Le Boterf (2003) sobre as competências, o qual pontua que se trata de saber agir com pertinência, mobilizar e integrar saberes e conhecimentos, estar aberto ao aprendizado e envolver-se. O autor reforça a necessidade de as empresas investirem em desenvolvimento de competências, dado que esse fato permite uma vantagem competitiva duradoura e que alavanca a capacidade dos recursos humanos da empresa a atuarem de forma polivalente, flexível e capazes com cenários cada vez mais instáveis e complexos.

A relação que se faz entre Competências Operacionais e Indústria 4.0 é que há a necessidade de aprendizado, gestão do conhecimento e capacidade de inovação a fim de facilitar o processo da instauração da Quarta Revolução Industrial que, inevitavelmente, enfrentam desafios de natureza econômica, social, técnica, ambiental e legal. Souza e Santos (2018) estabelecem diversos aspectos que necessitam ser levados em conta ao se pensar sobre as competências operacionais no enfrentamento dos desafios da Indústria 4.0: capacidade de dinamismo voltada para a aprendizagem, proatividade e cooperação interdisciplinar contínua, conhecimento em TI e tecnologias de produção, compreensão organizacional e processual, capacidade de interagir com interfaces modernas, conscientização de segurança de TI e proteção de dados, capacidade de recuperação de falhas e erros e capacidade de lidar com a complexidade e resolução de problemas.

O novo gestor necessitará ter uma participação mais estratégica na Indústria 4.0, dotado de excelência organizacional, pois atuará na captação e no desenvolvimento dos talentos que precisam estar alinhados à missão, aos valores e à cultura da organização, cujas ações envolvem, entre outros processos, o mapeamento e o aprimoramento das habilidades e competências dos colaboradores.

Serpa e Seffrin (2021) também colaboram ao pontuarem que o atual cenário competitivo em que as organizações estão inseridas tem exigido novas capacidades

e apresentado desafios cada vez mais complexos para os gestores no caminho para alcançarem uma posição favorável no mercado e produzirem vantagem competitiva. Explicam que os problemas enfrentados hoje pelas companhias não são os mesmos de tempos atrás, principalmente porque a tecnologia foi incorporada aos processos organizacionais, fazendo com que seja crescente a necessidade de pessoas capazes de solucionar os problemas de forma ágil, criativa e inovadora e de lidar com novos métodos de trabalho.

Desta forma, as competências profissionais deixaram de ser somente técnicas e passaram a envolver questões comportamentais, abrindo espaço na literatura para temáticas, como as *Soft Skills*, entendidas como capacidades ligadas ao comportamento do ser humano. Essas capacidades podem contribuir para um melhor desempenho dos profissionais e, conseqüentemente, gerar melhoria na performance das organizações. Portanto, o objetivo do presente trabalho reside em apresentar um estudo integrativo dos desafios do gestor da produção industrial para suprir a demanda de uma era tecnológica com a chegada da indústria 4.0, na perspectiva do conceito das *Soft Skills*.

SITUAÇÃO PROBLEMA

A Indústria 4.0 prevê a integração entre humanos e máquinas, mesmo que em posições geográficas distantes, formando grandes redes e fornecendo produtos e serviços de forma autônoma. Surgiu com o princípio de agregar valor à toda a cadeia organizacional, a partir de mudanças que afetarão diversos níveis dos processos produtivos, como a manufatura, o projeto, os produtos, as operações e os demais sistemas relacionados à produção (PEREIRA; SIMONETTO, 2018). O **Quadro 1** apresenta as características tecnológicas das revoluções industriais:

Quadro 1 – Características tecnológicas das revoluções industriais.

Revoluções industriais	Período	Características Tecnológicas
Primeira Revolução Industrial	Iniciou na segunda metade do século XVIII e avançou até meados do século XIX. Ocorreu entre as décadas de 1760 a 1840.	Máquina a Vapor. Substituição da produção artesanal pela produção fabril. Sistema de produção taylorista-fordista – divisão do trabalho manual e intelectual.
Segunda Revolução Industrial	Iniciou no século XIX e avançou a primeira metade do século XX.	Energia Elétrica. Automação e produção em massa. Sistema de produção taylorista-fordista – divisão do trabalho manual e intelectual.
Terceira Revolução Industrial	Iniciou na segunda metade do século XX e avançou até o final deste século. Ocorreu entre as décadas de 1960 e 1990.	Surgimento da informática e avanço das comunicações. Surge a sociedade do conhecimento. Sistema de produção flexível.
Quarta Revolução Industrial	Iniciou na primeira década do século XXI, na década de 2000.	Internet mais ubíqua e móvel, sensores menores, mais poderosos e baratos e inteligência artificial. Fusão das tecnologias e a interação entre domínios físicos, digitais e biológicos. Sistemas e máquinas inteligentes conectados possibilitando um sistema de produção de personalização em massa.

Fonte: adaptado de Aires, Moreira e Freire (2017).

As evoluções vão muito além das tecnologias inovadoras nelas empregadas e do mercado de trabalho industrial. Um dos seus grandes trunfos que contribuirão para a diferenciação das empresas no mundo dos negócios é a gestão de seus conhecimentos e a capacitação de seus trabalhadores para esta nova fase dos processos produtivos. Eis importantes desafios a serem gerenciados pelas organizações (AIRES; MOREIRA; FREIRE, 2017).

Nas fábricas inteligentes, as máquinas e os insumos relacionam-se entre si durante todo o processo produtivo, que ocorre de modo autônomo e incorporado. Os dispositivos alocados em diversos departamentos da empresa ou ainda em organizações diferentes, são capazes de compartilhar dados sobre compras e estoques, otimizando a logística e fortalecendo a comunicação entre os componentes da cadeia de valor. Ademais, a definição de Indústria 4.0 ainda relaciona o desenvolvimento de novos produtos, projetos, testes, simulação da produção e pós-venda. Deste modo, o sistema de produção será formulado de modo a simplificar o trabalho físico de modo ergonômico e colaborar com o trabalhador em atividades automatizadas como coordenação, supervisão e tomada de decisão. O colaborador não é mais relevante devido sua força muscular, mas sim devido suas capacidades, experiências e sentidos (CUNHA et al., 2020).

Como a quarta revolução industrial é um movimento mundial, espera-se que com o desenvolvimento da indústria 4.0 em outros países, o cenário brasileiro também precisará seguir a corrente a fim de garantir sua competitividade. Porém, considera-se que nem todas as empresas e nem todos os setores conseguirão se desenvolver no mesmo ritmo (AIRES; MOREIRA; FREIRE, 2017). Neste sentido, a Confederação Nacional das Indústrias (CNI, 2016) criou uma agenda com sete dimensões prioritárias: aplicações nas cadeias produtivas e desenvolvimento de fornecedores; mecanismos para induzir a adoção de novas tecnologias; desenvolvimento tecnológico; ampliação e melhoria da infraestrutura de banda larga; aspectos regulatórios; formação de recursos humanos, e; articulação institucional. A dimensão “formação de recursos humanos” ganha destaque pela própria CNI, determinado que a questão é de relevância para estudos no segmento da gestão da produção industrial.

A questão norteadora do presente trabalho reside em compreender qual o valor estratégico e potencial do novo gestor da produção industrial, com foco nas funções críticas que deverá exercer no gerenciamento de mudanças e desenvolvimento de novos postos de trabalho e suas respectivas funções administrativas. Surge o desafio de se efetivar a gestão do conhecimento, no tocante ao desenvolvimento dos trabalhadores, o compartilhamento de conhecimento e o uso de novas tecnologias. O conceito de *Soft Skills* será inserido na construção da revisão sistemática proposta enquanto abordagem metodológica.

METODOLOGIA

Foram utilizados procedimentos da revisão bibliográfica narrativa para o levantamento do material científico deste artigo e elaboração do referencial teórico. Por meio desta categoria de revisão, contempla-se a necessidade de apresentar informações amplas sobre a temática, que versa sobre conceito do gestor na indústria 4.0.

A escolha da revisão bibliográfica narrativa se deu pelo fato dos estudos de gestão da produção industrial ser uma área emergencial com a chegada da indústria 4.0, o que pôde contribuir com o levantamento de informações relevantes, atualizadas, sistematizadas e aplicadas; a realização de um levantamento bibliográfico amplo permitiu chegar aos principais estudos primários para que a resposta da questão norteadora pudesse ser elucidada: qual o valor estratégico e potencial do novo gestor da produção industrial, com foco nas funções críticas que deverá exercer no gerenciamento de mudanças e desenvolvimento de novos postos de trabalho e suas respectivas funções administrativas? A revisão narrativa recupera, seleciona e avalia os resultados dos estudos relevantes e permite considerar a evidência científica de maior grandeza na tomada de decisão (LAKATOS; MARCONI, 2007).

A realização da revisão foi conduzida em duas fases, de acordo com Valladares, Vasconcellos e Di Serio (2014). A primeira teve por objetivo pesquisar trabalhos publicados sobre o tema proposto na questão norteadora, utilizando-se da combinação das respectivas palavras-chaves: “gestão”, “produção industrial”, indústria 4.0 e “*Soft Skills*”; a segunda, buscou-se eleger, nos mesmos trabalhos obtidos na fase 1, fontes para cada um dos tópicos determinados para compor o referencial teórico. Optou-se por pesquisar, exclusivamente, pela base de dados “Google Acadêmico” uma vez que apresentou uma interessante progressão da temática ao longo da última década (2012-2022; n = 1.460, em 23/05/2022), permitindo fácil acesso ao material e reprodução do estudo. Houve a constatação de que os artigos disponibilizados pelo “Google Acadêmico” contemplam aqueles previamente pesquisados em outras plataformas, tais como o Portal de Periódicos da CAPES e SCIELO.

Na sequência, posterior ao levantamento prévio dos materiais bibliográficos da revisão narrativa, critérios de inclusão e exclusão foram estabelecidos para o processo de desenvolvimento textual. Para tanto, houve leitura preliminar dos títulos e abstracts de todos os estudos levantados. Os critérios de inclusão foram: artigos científicos, dissertação e teses escritos na Língua Portuguesa; estudos com propostas exequíveis e inovadoras para a gestão da produção industrial consonantes com a questão norteadora do estudo. Os critérios de exclusão consideraram os objetivos específicos

da pesquisa e relações com os títulos e resumos dos trabalhos obtidos. Quanto ao período de publicação, pôde-se certificar informações consistentes, de relevância e qualidade acadêmica para o conceito do gestor na indústria 4.0 entre 2012 e 2022.

REFERENCIAL TEÓRICO

A Indústria 4.0 tem sido apresentada como o próximo paradigma industrial que poderá atender grandes necessidades do mercado, além de trazer uma série de novas vantagens para seus operadores e gestores.

O gerenciamento dos diversos processos da indústria se torna cada vez mais complexos no decorrer do tempo e essa complexidade, segundo Coelho Junior e colaboradores (2016), aumenta na mesma proporção que a exigência por mais qualidade nos produtos e velocidade logística na produção e fornecimento aos clientes finais. A grande quantidade de processos intrinsecamente conectados gera uma enorme quantidade de dados que devem ser geridos em etapas no controle dos processos, através dos dispositivos de campo, sistemas de controle e *Softwares* de gestão que, fundamentalmente, devem estar integrados de maneira que as informações possam ser compartilhadas entre eles. Os autores reforçam que a pesquisa por protocolos que tornem eficientes a comunicação entre dispositivos diversos vem sendo muito motivada ao longo dos últimos anos por representar um dos grandes desafios para a automação industrial (COELHO JUNIOR et al, 2016).

Pisching e colaboradores (2017) explicam que o novo modelo industrial contará com uma ampla e informatizada rede de serviços, viabilizando a automação não só no interior da fábrica - que opera de forma descentralizada - mas também na sua comunicação com outros participantes da cadeia produtiva. Ele está fundamentado no conceito de fábrica inteligente, um ambiente capaz de decidir sobre atitudes a serem tomadas em diversos cenários (desde a manutenção de um equipamento até a definição autônoma do processamento de cada componente de um produto) atendendo as necessidades individuais dos clientes. A forma mais aceita até o momento de se elaborar essa fábrica é descentralizando a coordenação das atividades, que passa de um sistema de controle global para objetos inteligentes, ou seja, objetos físico-digitais com capacidades de sensoriamento, processamento e comunicação em rede.

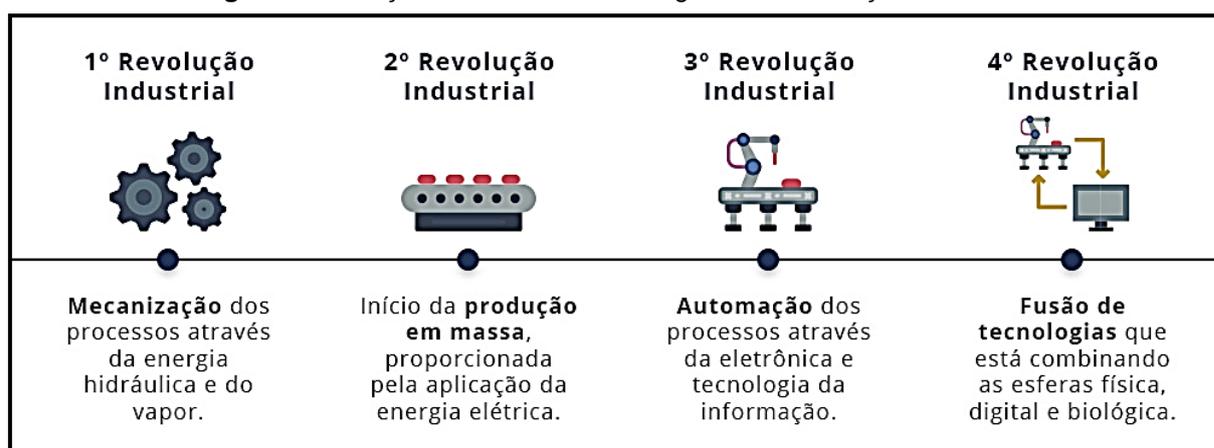
O referencial teórico deste trabalho baseia-se no entendimento do conceito de indústria 4.0, considerando aspectos de evolução da indústria e da sua tecnologia, bem como do perfil do profissional que atua/atuará neste cenário.

Evolução da Indústria 4.0

Para mencionar características gerais da Indústria 4.0 faz-se necessário entender o processo e evolução das Indústrias até os dias atuais. Antes do surgimento da indústria, tudo era produzido de forma manual, fator que propiciava pequenas produções, e isso era inviável diante de uma população que crescia descontroladamente. Além disso, conforme explicado por Sakurai e Zuchi (2018), produzir mais rápido e em maior quantidade era a essência do capitalismo, que tinha como objetivo principal a obtenção de lucros. Reforçam que, historicamente, a indústria foi o fator mais poderoso de aceleração do crescimento econômico. O setor industrial exerceu grande impacto em diversos setores da economia e sobre todo o ambiente institucional e social.

O evento da Revolução Industrial iniciou na Inglaterra, por volta de 1760, adiantando sua industrialização, em relação ao continente europeu, e fez com que os ingleses assumissem uma posição pioneira na expansão colonial. Essa Revolução, segundo Pasquini (2020), foi caracterizada pelo uso de novas fontes de energia, pela utilização de máquinas movidas a vapor, pelo desenvolvimento dos meios de comunicação (telégrafo) e pela divisão e especialização do trabalho. Estas alterações fizeram com que os artesãos perdessem sua autonomia. A **Figura 1** apresenta uma linha sequencial dos impactos tecnológicos, que de em tempos em tempos, permitiram o avanço dos processos de produção.

Figura 1. Evolução dos eventos tecnológicos da Revolução Industrial.



Fonte: adaptado de Verlaine (2020)¹.

¹ Disponível em: <https://www.diap.org.br/index.php/noticias/agencia-diap/89710-industria-4-0-os-empresarios-estao-pensando-no-futuro-e-nos>

É importante ressaltar que a primeira Revolução Industrial foi a grande motivação para o surgimento do capitalismo, que antes era comercial e passou a ser industrial. Essa revolução mudou consideravelmente a vida das pessoas e até hoje seus reflexos podem ser vistos e continuam em processo de transformação (SAKURAI; ZUCHI, 2018).

Se a primeira Revolução Industrial envolveu, em boa medida, conhecimentos práticos e habilidades pessoais, a segunda Revolução Industrial, pela perspectiva de Lima e Gomes (2020), distingue-se pela emergência de indústrias em que o desenvolvimento das tecnologias requereu (por vezes, conduziu) avanços no conhecimento científico (ciência pura, de experimentação científica e comprovação prática), como foi o caso das indústrias de petróleo e borracha, mas também de bens de capital. Outra característica das tecnologias dessa segunda revolução, segundo os autores, foi o aumento das escalas produtivas e do tamanho das empresas, com forte impacto no nível de concentração industrial e nos padrões de concorrência.

A Revolução da Indústria 2.0, no final do século XIX, iniciou-se com o aparecimento do Fordismo, modelo que revolucionou a indústria automobilística, quando Ford introduziu a primeira linha de montagem automatizada e produção em massa. Em contraponto ao taylorismo, o cientista Henry Ford defendia a ideia de coletividade, surgindo as primeiras linhas de montagens mudando completamente os processos realizados nas fábricas, como a produção em massa e otimização de tempo (PASQUINI, 2020). Neste momento, de acordo com Takayama e Panhan (2022), as grandes transformações eram oferecidas pela eletricidade e pela química, com o aprimoramento das tecnologias já oriundas da primeira revolução. Foram aperfeiçoadas e passaram a utilizar a energia elétrica para abastecimento, proporcionando ainda mais agilidade nos processos de fabricação dando origem a um novo formato na linha de produção, possibilitando, assim, o desenvolvimento de novas tecnologias que foram tornando as linhas de produção mais rápidas e eficientes (linhas de produção em massa).

A Indústria 2.0, sob o enfoque de inovações tecnológicas, assumiu novas características. Nesse período foi descoberta a eletricidade, a transformação do ferro em aço, o surgimento e modernização dos meios de transporte, o avanço dos meios de comunicação, o desenvolvimento da indústria química e de outros setores. Essa revolução industrial teve destaque na busca de maiores lucros; especialização do trabalho; ampliação da produção (SAKURAI; ZUCHI, 2018).

Na segunda metade do século XX, surgiu a terceira revolução industrial, denominando-se como a era da revolução tecnológica. Tem-se, agora, um novo tipo de energia cujo potencial supera seus antecessores, a energia nuclear. Surgem também o transistor e o microprocessador e com isso a substituição da tecnologia

mecânica pela tecnologia digital no processo industrial, o que abriu caminho para a automação de processos repetitivos que antes eram executados por pessoas, agora passa a ser executada por máquinas, controladas por *chip's* e computadores (TAKAYAMA; PANHAN, 2022). Tais processos, esclarecem os autores, não seriam possíveis sem a criação do sistema binário, desenvolvido pelo alemão Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) no século XVII, aperfeiçoado por George Boole (1815-1864) com a álgebra booleana anos mais tarde. Uma lógica composta por 1 e 0, verdadeiro (*true*), falso (*false*) ou “ligado” e “desligado”, sendo a base do sistema digital que é utilizado até hoje.

Sakurai e Zuchi (2018) apontam que muitas foram as características da Indústria 3.0 as quais configuram-se a utilização de várias fontes de energia, o uso crescente de recursos da informática, o aumento da consciência ambiental, a diminuição crescente do desemprego, pois a mão-de-obra passou a ser substituída por máquinas cada vez mais modernas; ampliação dos direitos trabalhistas; globalização; surgimento de potências industriais; massificação dos produtos tecnológicos.

A terceira Revolução Industrial começou em meados do século XX, no período em que a eletrônica se apresentava como um grande progresso para a indústria após a Segunda Guerra Mundial, abrangendo o período que vai desde os anos 50, até o advento da Indústria 4.0, ou a quarta geração como é conhecida hoje em dia (KILIN; OLIVEIRA; MANCUSO (2021).

Em torno do início do século XX, a terceira Revolução Industrial foi caracterizada pela digitalização com introdução de microeletrônica e automação, utilizando tecnologias da informação, computadores e internet, possibilitando a automação da produção. Na manufatura, essas tecnologias facilitaram a produção flexível, onde uma variedade de produtos é fabricada em linhas de produção flexíveis com máquinas programáveis. Tais sistemas de produção, contudo, ainda não têm flexibilidade em relação à quantidade de produção. Desde a década de 1970, a terceira Revolução Industrial vem se desenrolando, destacando-se pelo uso de eletrônicos e da tecnologia da informação na automação de produção. O desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) levou a uma onda de digitalização generalizada que proporciona um ambiente adequado para o desenvolvimento da atual quarta revolução industrial, conhecida como Indústria 4.0, e para a introdução de objetos inteligentes, como máquinas e produtos baseados em tecnologias ciber físicas (RODRIGUES; FERNADES; SANJULIÃO, 2020).

O termo *Industrie 4.0* faz referência às mudanças oriundas de inovações, muitas delas em desenvolvimento, que tendem a alterar profundamente os processos e a organização da produção e interação entre os agentes econômicos (LIMA;

GOMES, 2020). O conceito da Indústria 4.0 surge, especificamente, na Feira de Hannover, em 2011, que reuniu empresários, políticos e membros de universidades com o intuito de analisar e propor medidas para fortalecer a competitividade da manufatura alemã por meio de uma transformação digital. A partir daí o governo alemão passou a apoiar e incorporar o conceito em seu planejamento governamental através do programa *High-Tech Strategy 2020 for Germany*. Entre os principais focos dessa estratégia estavam as melhorias nos processos de produção através do avanço da arquitetura de sistemas, da interoperabilidade, da produção customizada, dentre outros fatores (LIMA; GOMES, 2020).

Sendo assim, entende-se que a Indústria 4.0 define a próxima etapa dos sistemas industriais, nos quais processos em rede, automatizados e inteligentes serão flexíveis e autoconfiguráveis, melhorando a eficiência e possibilitando a criação de novas fontes de receita. Esses processos se desenvolverão por meio de uma combinação de tecnologias digitais e de manufatura, que permitem a integração vertical dos sistemas da organização, integração horizontal em redes colaborativas e soluções ponta a ponta em toda a cadeia de valor (GORI; GORI, 2022). Para alcançar todos os benefícios, a Indústria 4.0 propõe o uso de diferentes tecnologias. Algumas delas vêm sendo estudadas há muito tempo, mas ainda não estão maduras para uma implantação industrial massiva, de acordo com os autores.

A Indústria 4.0, conforme descrevem Lima e Gomes (2020), reúne um conjunto de inovações específicas ao processo produtivo que, de acordo com o levantamento realizado pelos autores, tem um potencial de gerar uma próxima revolução industrial. Aponta que são quatro os conjuntos principais de tecnologias para a Indústria 4.0: sistemas ciber-físicos (CPS); internet das coisas (IoT); internet dos serviços (IoS); e fábrica inteligente. Algumas outras tecnologias não devem ser consideradas exclusivamente da Indústria 4.0, pois foram certificadas nas “revoluções” anteriores, como, por exemplo, a comunicação máquina para máquina (M2M), *big data* e a computação em nuvem. Entretanto, essas tecnologias são consideradas habilitadoras da Indústria 4.0.

A cada uma delas, Hermann; Pentek; Otto (2015), citados por Lima e Gomes (2018), associaram seis características: interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidade de adaptação em tempo real, orientação de serviço e modularidade (**Quadro 2**):

Quadro 2. Principais características das tecnologias envolvidas na Indústria 4.0.

Caraterísticas	Tecnologias			
	Sistemas ciber-físicos (CPS)	Internet das coisas (IoT)	Internet dos serviços (IoS)	Fábrica inteligente
Interoperabilidade	X	X		X
Virtualização	X	-	-	X
Descentralização	X	-	-	X
Capacidade de adaptação em tempo real	-	-	-	X
Orientação de serviço	-	-	X	-
Modularidade	-	-	X	-

Fonte: adaptado de Hermann; Pentek; Otto (2015, p. 11) apud Lima; Gomes (2018).

Takayama e Panhan (2022, p. 1802) explicam os conceitos trazidos no **Quadro 2**:

- **Interoperabilidade:** a capacidade de máquinas, dispositivos, sensores e pessoas de conectar e comunicar através da Internet das Coisas (IoT) e Computação em Nuvem.
- **Descentralização:** a habilidade de sistemas ciber-físicos de tomar decisões por conta própria e executar tarefas da forma mais autônoma possível.
- **Orientação ao serviço:** a habilidade de sistemas ciber-físicos de ajudar humanos ao agregar e visualizar informações sobre a fábrica e, então, sugerir soluções. Além da capacidade de apoiar fisicamente os seres humanos em tarefas exaustivas ou inseguras.
- **Virtualização:** a habilidade de sistemas de informação de criar cópias virtuais das fábricas inteligentes, permitindo a rastreabilidade e monitoramento remoto de todos os processos.
- **Capacidade em tempo real:** coleta e análise de dados e entrega de conhecimento de forma instantânea, permitindo a tomada de decisões em tempo real.
- **Modularidade:** adaptação flexível das fábricas inteligentes para requisitos mutáveis através da reposição ou expansão de módulos individuais.

Sistemas Ciberfísicos (*Cyber-Physical Systems* - CPS)

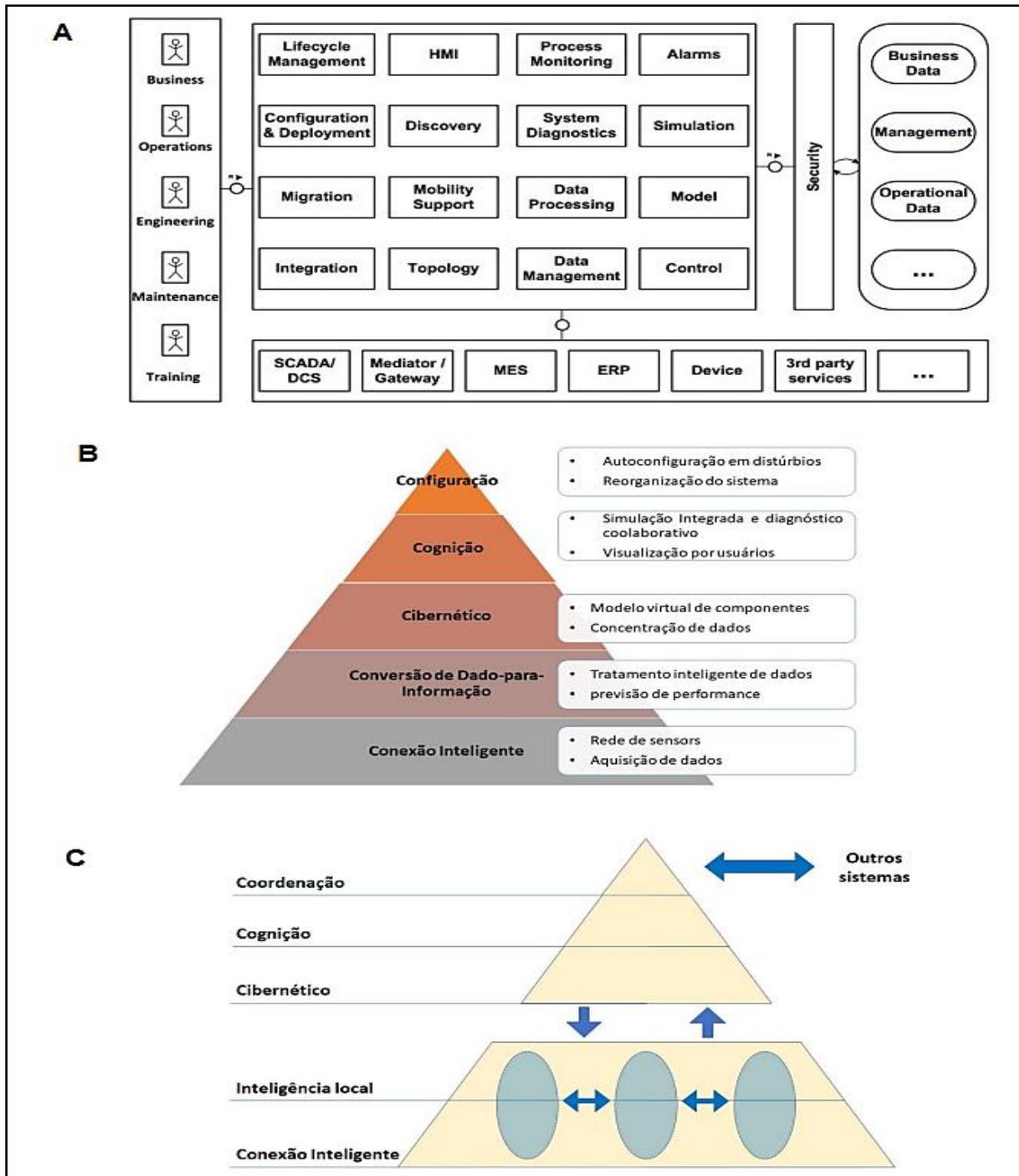
A Indústria 4.0, que tem seu início na virada para século XXI, caracteriza-se pelo estreitamento entre o mundo físico e o virtual através da utilização de sistemas ciber-físicos (CPS) de forma generalizada (RODRIGUES; FERNADES; JULIÃO, 2020). Os CPS são sistemas capazes de integrar o ambiente físico com infraestruturas de computação e comunicação automatizada, ou seja, é um ambiente virtual capaz de gerar respostas automáticas a partir do monitoramento virtual do processo real. Eles são compostos por subsistemas que controlam sensores e atuadores, tecnologias de identificação, mecanismos de armazenamento e análises dos dados (KILIN; OLIVEIRA; MANCUZO, 2021).

Pisching e colaboradores (2017) enfatizam que, para se adequar aos requisitos da Indústria 4.0, um CPS deve abranger clientes, máquinas, produtos, estoques e prestadores de serviço, de forma que interajam definindo e executando ações autonomamente.

Os impactos disso estariam em todas as atividades industriais: projetos de engenharia, uso de material, logística, controle do ciclo de vida, entre outros. Apesar de haver material que trate da modelagem de CPS de uso genérico e de artigos que apontam a importância desses sistemas para a próxima revolução industrial, Pisching e colaboradores (2016 apud PISCHING et al., 2017) apontam que não existe um consenso sobre como arquitetar um CPS capazes de monitorar plantas industriais.

A **Figura 2** apresenta três arquiteturas para o desenvolvimento de sistemas ciber-físicos aplicados na indústria 4.0, colaborando com a compreensão desta tecnológica extremamente essencial para a implementação do conceito 4.0.

Figura 2. Modelos de arquiteturas voltadas para CPS.



592

Fonte: elaborado pelos autores. Adaptado de Pisching e colaboradores (2017). Onde: HMI = Interação Homem-Máquina; MES = Sistemas de Execução de Fabricação; ERP = Sistema de Gestão Integrado.

Os autores apresentam uma primeira arquitetura de CPS baseada em computação em nuvem para a indústria (Figura 2-A). Ela faz uma descrição detalhada

dos diversos serviços necessários para implementar esse tipo de sistema, sendo concebida como uma arquitetura orientada a serviços. Com isso, ela indica como solucionar problemas de implementação dos usuários do sistema, apesar de, por outro lado, restringir a generalização da arquitetura. Essa generalização é especialmente relevante para o caso da Indústria 4.0, modelo ainda em construção, sem especificações definidas. Além disso, atualmente já existem ferramentas como a *Plataforma-as-a-Service*, da Oracle², um serviço de suporte à implementação de aplicativos baseados em nuvem, o que mostra que a elaboração de um CPS nesse molde pode estar desassociada da implementação da ferramenta baseada na computação em nuvem.

Pisching e colaboradores (2016 apud PISCHING et al., 2017) também trazem a proposta de Lee e colaboradores (2015), denominada Arquitetura 5C, baseada em modelos de automação de processos já consagrados. Essa arquitetura, ilustrada na Figura 2-B, é estruturada em cinco camadas que orientam o funcionamento do sistema, sendo elas (PISCHING et al., 2017, p. 327):

- **Conexão Inteligente:** realiza a aquisição de dados de máquinas e seus componentes.
- **Conversão Dado-para-Informação:** como o nome indica, trata os dados adquiridos na camada inferior, transformando-os em informações que possam ser analisadas para se obter conclusões sobre o funcionamento do sistema.
- **Cibernética:** essa é a camada de concentração de informações, onde é elaborado o modelo virtual do sistema. Uma vez que os dados estão concentrados, aplicam-se algoritmos que analisam o funcionamento do sistema.
- **Cognitiva:** neste nível os resultados das análises da camada anterior são formatados para serem apresentados a pessoal capacitado.
- **Configuração:** A última camada do modelo serve como um retorno do ambiente virtual para o físico, atuando como um sistema de controle e supervisor.

A Arquitetura 5C é, em certa medida, uma guia para a implantação de um CPS, por delimitar uma forma de desenvolver o sistema e apontar questões relevantes para sua implementação. Apesar disso, existem ajustes que devem ser feitos para otimizar o sistema e facilitar a aplicação do CPS de acordo com o que se propõe sobre a Indústria 4.0 (PISCHING et al., 2017). Os autores notam nesta arquitetura dois

² Oracle (2016). *Plataform as a servisse*. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/cloud/paas.html>

processos trabalhosos (elaboração do modelo virtual e análise das informações coletadas), os quais foram aglutinados em uma camada, enquanto no nível “cognitivo”, apenas formatam-se os resultados obtidos na camada anterior. Assim, no caso em que o próprio sistema seria reconhece um problema e o soluciona, a camada “cognitiva” seria apenas uma ferramenta de apresentação de resultados à administração da fábrica.

Porém, Pisching e colaboradores (2017) explicam que algumas características básicas da Indústria 4.0 não foram levadas em consideração nesse modelo. Sabe-se da forte tendência de redução da rigidez da produção utilizando máquinas e produtos inteligentes, explorando amplamente a Internet das Coisas (IoT). Tal comunicação permitirá que cada produto oriente o seu processamento dentro da planta de acordo com as especificações do cliente, a partir de instruções gravadas no produto e transmitidas aos equipamentos. Para que isso seja possível, o modelo deve prever que as informações fluam não só na direção vertical, mas também horizontalmente entre produtos e máquinas. De fato, nesse novo modelo industrial não são apenas os objetos (controladores, máquinas e produtos) que devem estar conectados à internet, mas também os serviços. Gerenciamento de estoque, solicitação de transporte de carga e pedidos de compras estão entre os processos que podem ser automatizados a partir da virtualização da fábrica, o que incorpora à nova indústria também a Internet dos Serviços (IOS). Conseqüentemente, uma arquitetura adequada deve prever a conectividade entre clientes e prestadores de serviços na indústria, ou seja, entre empresas distintas.

Analisando os modelos descritos, a CPS baseada em computação em nuvem para a indústria (**Figura 2-A**), apesar de elencar diversas funcionalidades essenciais para um CPS industrial, não trata da interação entre essas funcionalidades e os usuários. A Arquitetura 5C (**Figura 2-B**) apresenta boas diretrizes para o desenvolvimento de um CPS, mas contém algumas incoerências na comunicação entre as camadas e deixa de lado fatores importantes para uma fábrica inteligente. Em linhas gerais, torna-se necessário que uma arquitetura adequada para a Indústria 4.0 preveja a operação dos objetos inteligentes contidos nas plantas, garantindo a flexibilização da produção e permitindo, portanto, a estruturação de uma rede digital de empresas. A **Figura 2-C** apresenta a Arquitetura 5C para CPS revisada, conforme Pisching e colaboradores (2017).

Considerando o modelo proposto na **Figura 2-C**, ressalta-se que as cinco camadas propostas podem ser divididas em dois grupos: um formado pelas camadas inferiores, interpretado como sendo o espaço dos objetos inteligentes; e outro pelas três camadas superiores, mais voltado para manutenção do sistema produtivo. No caso de uma fábrica inteligente, os objetos inteligentes podem ser máquinas ou

produtos, capazes de estabelecer comunicação entre si e entrar ou sair do CPS. De fato, uma vez que esses objetos armazenam, processam e transmitem dados referentes a si mesmos, a fábrica idealmente será capaz de operar sem a interferência das demais camadas nem de outros atores. Na prática, entretanto, os insumos são finitos, os equipamentos necessitam de manutenção e os processos podem falhar. Faz-se necessária então uma estrutura de suporte à rotina da planta, o que é atendido pelas três camadas superiores. Sendo elas responsáveis por coletar informações dos objetos presentes na planta, analisá-las e tomar decisões a partir delas, as camadas superiores configuram a gestão da fábrica, em contrapartida ao caráter operacional apresentado pelas camadas inferiores.

Por fim, os conceitos trazidos na **Figura 2-C**, que apresenta a Arquitetura 5C para CPS revisada, conforme Pisching e colaboradores (2017):

- **Conexão inteligente:** camada de interface com os processos físicos do sistema produtivo, responsável tanto pela atuação dos equipamentos quanto pelo sensoriamento do sistema. É nela que se extrai dados de um conjunto de componentes, objeto inteligente, do ambiente físico, para que o sistema digital possa analisá-lo.
- **Inteligência local:** aqui dois processos ainda relativos a um único objeto inteligente são executados: realizar a conversão dado-informação (interpretar os dados coletados por meio dos sensores e dos estados do objeto e atribuir significado empírico a eles) e tratar as informações geradas. Essas informações são analisadas localmente para extrair conclusões relativas ao objeto inteligente em questão. A partir delas pode-se estabelecer comunicação com pares da mesma escala hierárquica (como um produto se comunicando com uma estação de processamento) e/ou transmitir o que for pertinente à camada superior.
- **Cibernética:** envia e recebe informações para a camada anterior, agregando dados de todo o sistema e elaborando o seu modelo virtual. Quanto mais completo e confiável esse modelo for, tanto mais precisas serão as observações feitas acerca da planta.
- **Cognitiva:** uma vez que o sistema está digitalmente construído, ele pode ser analisado sob diversas abordagens. Tal análise, diferentemente da realizada na segunda camada, tem como foco o comportamento do sistema como um todo e não de um objeto inteligente específico. Isso implica que deve ser levado em consideração, além dos dados levantados no nível “Conexão Inteligente”, a interação entre eles. E neste ponto que se diagnostica o funcionamento do sistema, identificando, por exemplo, os gargalos da produção, erros sistêmicos em um determinado processamento, necessidade de aquisição de insumos ou

de manutenção de ferramentas. Além disso, tendo o modelo completo da planta e definindo-se a interação entre os objetos que a compõe, é possível gerar simulações de diversas configurações da planta, adicionando ou removendo equipamentos, introduzindo novos processos, etc.

- **Coordenação:** a última camada deve tomar decisões acerca do sistema e dar as instruções aos agentes competentes. No âmbito local, ela usa os resultados da análise do modelo virtual para decidir se é necessário ou não intervir no nele e, em caso afirmativo, a natureza da intervenção. Outra função desse nível é a comunicação entre o CPS em questão e sistemas externos. Tal comunicação pode acontecer com sistemas de diversas naturezas, desde fornecedores até os pontos de vendas dos produtos.

Sousa, Taira e Park (2019) especificam que a indústria não adotou essas ideias de arquitetura como sendo plenamente viáveis. Diferentemente do nível corporativo, é mais fácil descrever a maturidade e prontidão de controle de processos para a Indústria 4.0 em uma unidade fabril específica do que descrever tecnologias disponíveis dos fornecedores (*suppliers*). Desta forma, é mais difícil definir se o setor de tecnologia de automação está pronto para transformação digital, pois sensores inteligentes, as próprias arquiteturas, *Hardwares*, etc., estão em constante e rápido desenvolvimento, e existem vários grupos e companhias que propõem diferentes modelos de maturidade para automação industrial. Pelos autores, há a necessidade de se realizar os seguintes questionamentos e compreender, de forma integral, a configuração de controle de processos no contexto da Indústria 4.0 (SOUSA; TAIRA; PARK, 2019, p. 425):

1. As tecnologias e quantidades da instrumentação no chão da fábrica estão prontas para Indústria 4.0?
2. As comunicações e seus protocolos estão adequados?
3. Consegue-se integrar vertical e horizontalmente as informações e as atuações das decisões?
4. A capacidade computacional e os *Softwares* operacionais estão prontos para Indústria 4.0?
5. É possível dissolver as ilhas ciber funcionais mantendo conceitualmente esses sistemas como modulares (flexibilidade e interoperabilidade)?
6. Há quantidade e variedade suficiente das variáveis do processo disponíveis como dados, de modo a levantar as relações entre essas variáveis e seus atributos para diagnosticar, e tomar ações de controle de modo diferente do tradicional?
7. Existe um planejamento claro do que se deseja com a transformação digital?
8. Há arquitetura física e virtual robusta em termos de segurança?

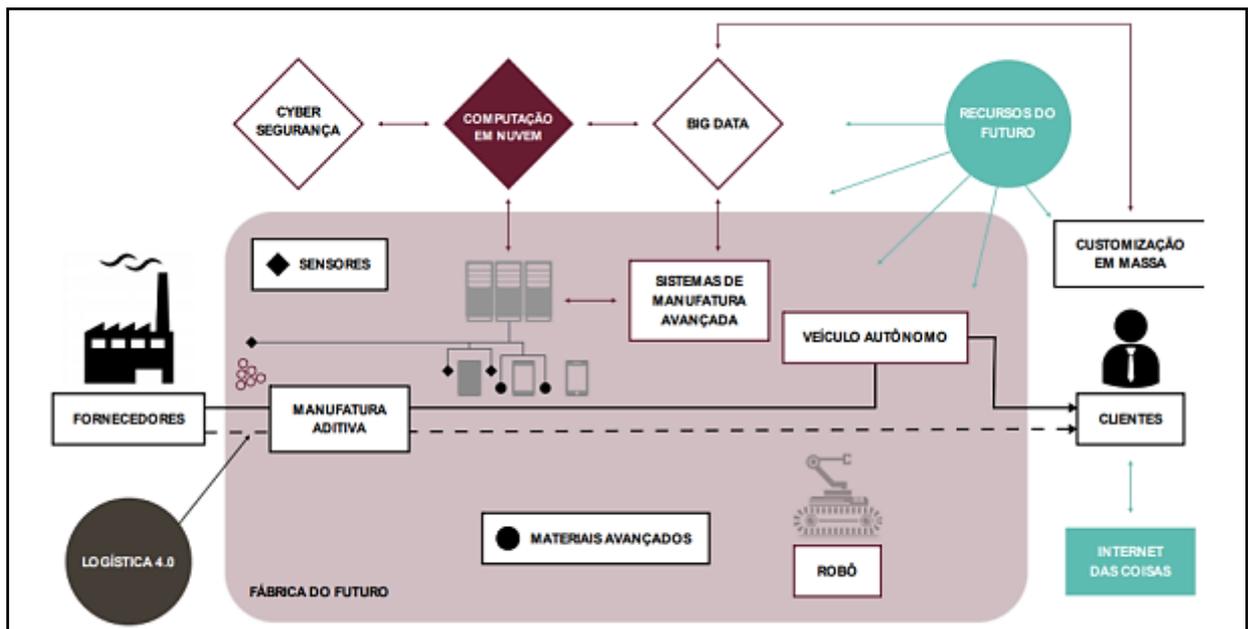
Fábricas Inteligentes (*Smart Factories*)

Conforme o exposto até o momento, a Indústria 4.0 ainda é mais um conceito em construção do que uma realidade concreta, motivada por três grandes mudanças no mundo industrial produtivo: avanço exponencial da capacidade dos computadores; imensa quantidade de informação digitalizada; novas estratégias de inovação (pessoas, pesquisa e tecnologia). Espera-se de uma fábrica inteligente a evolução dos sistemas produtivos industriais e pode-se listar alguns benefícios previstos, já estudados e baseados no impacto nas fábricas: redução de custos; economia de energia; aumento da segurança; conservação ambiental; redução de erros; fim do desperdício; transparência nos negócios; aumento da qualidade de vida; personalização e escala sem precedentes.

O conceito de fábricas inteligentes é a concretização do que se abordou sobre a incorporação de arquiteturas voltadas para a CPS. Rodrigues, Jesus e Schützer (2016) retomam o fato de que trabalhadores, máquinas e matérias-primas conseguirão comunicar-se em tempo real através de uma rede de internet. Desta forma, o processo de produção poderá ser realizado por meios digitais em uma fábrica inteligente e aplicado ao ambiente real, em que o trabalhador poderá acompanhar tudo a distância, obtendo informações em tempo real.

A **Figura 3** apresenta o modelo estrutural de uma fábrica inteligente:

Figura 3. Modelo estrutural de uma fábrica inteligente.



Fonte: adaptado de Blanchet et al. (2014) apud Costa (2019).

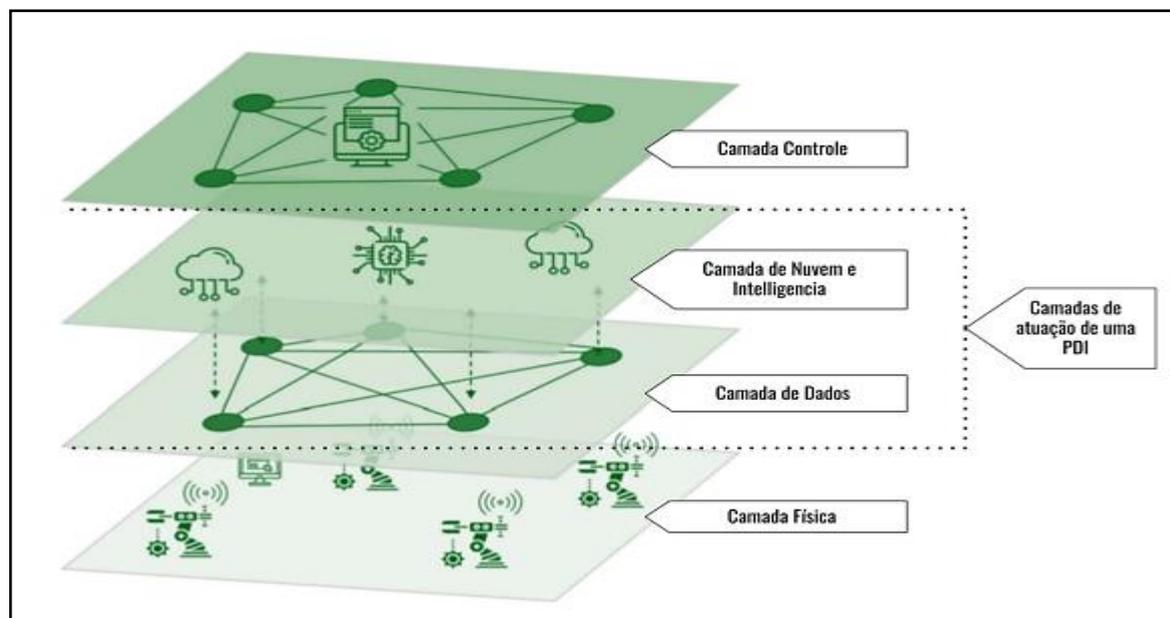
Visualiza-se que esse modelo estrutural de fábrica se relaciona com os fornecedores através de sistemas interconectados, com coordenação perfeita das atividades das partes e uma cadeia de suprimentos completamente integrada. A produção propriamente dita utiliza tecnologias modernas como: a Impressão 3D e a Manufatura Aditiva em geral, permitindo a customização em massa e reduzindo as perdas de material como sucata, além da robotização, a qual possibilita alta produtividade a custos mais baixos e total transparência nos dados reportados.

A utilização de novas tecnologias, como robôs, impressoras 3D e sensores, resulta em processos de produção mais ajustados, com tempo de resposta real. Com o uso de novas tecnologias, o processo de produção será mais flexível, tornando possível a criação de produtos customizados e redução da perda de materiais por meio da utilização da manufatura aditiva, e a robotização irá possibilitar alta produtividade a custos baixos, uma vez que estará substituindo a força humana. Todos os produtos e equipamentos são providos de sensores capazes de se comunicar e que trazem todas as especificações inerentes ao produto e equipamento. Dessa forma, a produção será toda automatizada e autônoma, com as máquinas se comunicando entre si e informações sendo transmitidas em tempo real (COSTA, 2019).

De acordo com Vargas (2022), as fabricas inteligentes criam um ecossistema de forte interação entre os agentes chave. Sua arquitetura consiste em quatro camadas que cumprem diferentes papéis para a eficiência do sistema. As camadas são denominadas: a camada física, de dados, de nuvem e inteligência e a camada de controle. Vargas (2022, p. 39) explica que:

Primeiramente, a camada física é formada por equipamentos e produtos inteligentes. Nessa camada, é realizada a coleta de dados em tempo real e provida a comunicação entre dispositivos inteligentes para a transmissão de dados em alta velocidade. Na camada de dados, a IIoT fornece suporte à novos protocolos e novos formatos de dados com alta flexibilidade e de forma escalável. A camada de nuvem e inteligência é capaz de analisar dados provenientes de diferentes fontes e com diversos formatos; a análise destes dados pode fornecer as bases científicas para a tomada de decisão. A quarta camada, a de controle, é aquela que possibilita que os profissionais tomam as decisões de acordo com os dados disponíveis, com o intuito de aplicar diferentes configurações produtivas à fábrica, agendar manutenções ou realizar diagnósticos.

A **Figura 4** ilustra as camadas descritas anteriormente e situa as principais camadas de atuação de uma Plataforma Digital:

Figura 4. As quatro camadas do conceito de fábrica inteligente.

Fonte: adaptado de Osterrieder e colaboradores (2020) apud Vargas (2022).

Tecnologias-Chave da Indústria 4.0

A Indústria 4.0, revolução que atingirá o setor produtivo, já está sendo debatida e disseminada no Brasil. A aplicação de novas tecnologias criará equipamentos totalmente automatizados que “conversam” entre si, modernizando o processo produtivo. Como consequência, as empresas utilizarão seus recursos de forma mais eficiente, terão economia nos custos e a capacidade de criar produtos altamente customizáveis. A implementação dos princípios da Indústria 4.0, por fim, requer a integração das tecnologias já tratadas nas seções anteriores, bem como de algumas áreas que a Indústria 4.0 impactará. Abaixo, uma compilação de informações apresentadas por Costa (2019), Santos Filho; Fontgalland (2022); Vargas (2022):

- **IoT:** Internet Industrial das Coisas é uma nova terminologia que vem sendo empregada em ambientes industriais. Assim sendo, isso implica na implantação maciça de sensores industriais, atuadores e máquinas com capacidades de sensoriamento remoto/atuação.
- **CPS:** um CPS pode ser definido como um sistema com processamento, armazenamento e capacidades de comunicação que é capaz de controlar um ou mais processos físicos. Tais sistemas são geralmente interconectados uns com os outros ou através da Internet, o que descentraliza a análise de dados e a tomada de decisões, permitindo-se assim respostas em tempo real.

- **Sistemas de Integração Vertical e Horizontal:** como já foi mencionado anteriormente, os sistemas de integração horizontal e vertical, são fundamentais para a Indústria 4.0, a fim de automatizarem a transmissão de dados em fábricas inteligentes e para o estabelecimento da Comunicação com provedores de solução/serviços e clientes. Portanto, *Softwares* como o (MES), Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto (PLM), plataformas Planejamento de Recursos Empresariais (ERP) e IoT terão que evoluir para fornecerem a integração necessária.
- **Manufatura Aditiva (Impressão 3D):** a flexibilidade e personalização trazidas pela manufatura aditiva são essenciais no paradigma da Indústria 4.0. Idealmente, tais características devem ser fornecidas sem aumentar o preço do produto e não deveria depender do fato dos produtos a serem fabricados ser idênticos ou diferentes. Além disso, a fabricação aditiva facilitará a produção de lotes ou protótipos de baixo volume, reduzindo o tempo de entrega e permitindo a otimização do gerenciamento de estoques.
- **Big Data e Data Analytics:** as empresas geralmente armazenam muitos dados relacionados a processos e sistemas logísticos, serviços (por exemplo, vendas, pós-venda) ou tráfego de dados (logs de roteadores e computadores). A grande quantidade de dados gerados é realmente valiosa, mas eles não podem ser processados manualmente, portanto, as técnicas de Big Data, surgem como uma ferramenta valiosa, para tratá-los. Além disso, a análise de dados ajuda no processamento da informação, sendo capaz de prever problemas futuros ou mesmo de provisionar a necessidade de certos recursos.
- **Cibersegurança:** a conectividade é essencial nos aplicativos inerentes à Indústria 4.0. Em função disso, se faz necessário proteger-se os sistemas críticos industriais e as linhas de fabricação, de prováveis ataques cibernéticos, cujo os impactos e as incidências têm crescido notavelmente nos últimos anos. Portanto, é fundamental fornecer comunicações seguras e confiáveis, autenticação de sistemas e preservar a privacidade de dados, a fim de evitar ataques desta natureza.
- **Computação em Nuvem:** muitas empresas já estão implantando aplicativos, em sistemas de computação na nuvem, os quais são fomentados pela Indústria 4.0 em parte porque facilitam a colaboração com terceiros. No entanto, observa-se que os sistemas tradicionais baseados em nuvem, possuem certas limitações, tais como: manutenção e ou servicibilidade, problemas de *Software* ou ataques cibernéticos. Além disso, é importante se enfatizar que, caso a quantidade de conexões conectadas à dispositivos IoT continuem crescendo

na mesma proporção, a quantidade das informações a serem tratadas aumentarão notavelmente e, portanto, a nuvem pode constituir-se num gargalo.

- **Software de Simulação:** as informações coletadas podem ser processadas para modelar o comportamento de máquinas, produtos e trabalhadores, de certos processos industriais. Tais informações podem ser usadas para alimentar um *Software* que permita simular cenários futuros, a fim de determinar-se a demanda, prever problemas, reduzir os custos de configuração custos e melhorar a qualidade. Este tipo de *Software* também é relacionado ao conceito de *Digital Twin*, o qual representa a situação real em uma fábrica do mundo real através de interfaces visuais que permite monitoramento remoto e supervisão de operações.
- **Veículos e Robôs Autônomos:** a próxima geração de robôs que serão usados nas aplicações da Indústria 4.0 inclui *cobots*, robôs industriais e Veículos Terrestres Autônomos (AGVs), que podem ser interligados e trabalham de forma colaborativa. *Cobots* ajudam operadores humanos em diferentes tarefas, enquanto robôs podem executar determinadas tarefas específicas, como pesquisar itens ou transportar ferramentas de forma autônoma. Em relação aos AGVs, eles são principalmente direcionados para logística e transporte em ambientes industriais. Como exemplo, podem ser citados os AGVs existentes para mineração, manuseio de materiais ou os usados para automatização de veículos industriais.
- **Realidade Aumentada e Virtual:** Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que faz uso de um dispositivo eletrônico para visualizar, direta ou indiretamente, um ambiente físico do mundo real que é combinado com elementos virtuais. No caso de Realidade Virtual (RV), tanto o ambiente e os elementos são virtuais. RA e RV progrediram muito nos últimos anos e elas provaram ser úteis em diferentes fases de um dado processo industrial, tais como: design, fabricação ou manutenção. Na verdade, tem sido demonstrado que tecnologias como RA podem ajudar os operadores a evitarem erros e aumentar a produtividade.

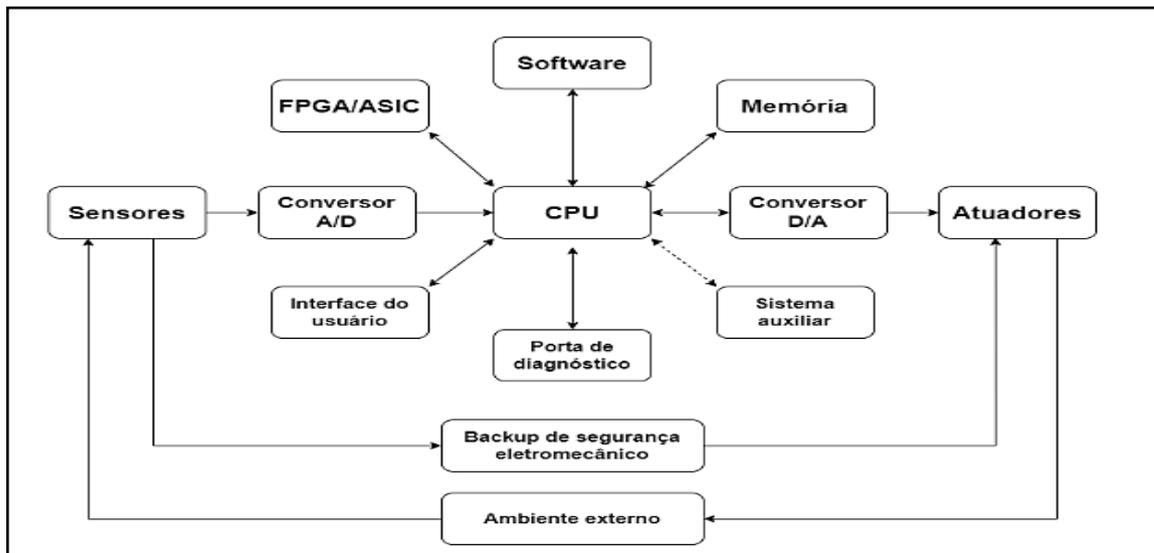
Santos Filho e Fontgalland (2022) apresentam o conceito de “tecnologias embarcadas”, caracterizado pela viabilidade (que vem ocorrendo nas indústrias nesta transição 3.0 para 4.0). Ressaltam que as tecnologias chamadas embarcadas vêm dominando as diferentes etapas de produção e nos diferentes segmentos do mercado, estando presente cada vez mais em objetos usuais, bem como no processamento de operações complexas, como monitoramento industrial. A facilidade do controle, em tempo real, de rotinas e processos, fez com que se encurtasse desperdícios,

sinônimos de custo da informação e melhorasse a eficiência econômica, aludindo respostas simples e rápidas em termos de performance e resultados.

Em 2004, foi implementado o revolucionário sistema de monitorização via GPS (Sistema Global de Posicionamento), devido às situações de emergência e dados operacionais úteis para fins de planejamento e monitorização, melhorou-se o *modus operandi* societário e com isso coube mais itens do tipo *to do* (fazer; atividades que iremos fazer) com menos tempo empregado em execução. Desta forma, foi desenvolvido o SIM (Sistema Integrado de Monitorização), que teve por definição processar todas as informações e distribuir os dados para os vários centros de controle e gestão de operações, chamado de BIG DATA. Em 2009, os objetivos eram apenas de permitir a intervenção em tempo real na fixação de problemas operacionais, e a geração de uma informação para completar base de dados para o planejamento dos governos e grandes empresas, como por exemplo a implementação de indicadores de desempenho utilizados para avaliar o serviço. As tecnologias embarcadas também criam espaço crítico, levando sistemas inteligentes ao alcance das cidades, continentes e espaços comuns de maneira simplificada e segura (Figura 5). Esse nicho tem se tornado cada vez mais necessário, conforme vai-se evoluindo necessidades seja de qual natureza for SANTOS FILHO; FONTGALLAND, 2022).

602

Figura 5. Definição de um sistema embarcado.



Fonte: adaptado de Santos Filho; Fontgalland (2022).

Nota: a estrutura básica de um sistema embarcado inclui os seguintes componentes: **sensor**: o sensor mede e converte a quantidade física para um sinal elétrico, que pode então ser lido por um engenheiro de sistemas embutidos ou qualquer instrumento eletrônico. Um sensor armazena a quantidade medida na memória; **conversor A-D**: um conversor analógico-digital converte o sinal analógico enviado pelo sensor num sinal digital; **processador & Assis**: os processadores avaliam os dados para medir a saída e armazená-los na memória; **conversor D-A**: um conversor digital para analógico muda os dados digitais alimentados pelo processador para dados analógicos; **atuador**: um atuador compara a saída dada pelo Conversor D-A com a saída real armazenada e armazena a saída aprovada.

Indústria 4.0 e a Demanda Profissional

Araujo (2022) enfatiza que na sociedade capitalista contemporânea, a arquitetura indivíduo-máquina, na interface do processo produtivo, vem evoluindo na forma de complexos sistemas digitais de controle amplo e distribuído do trabalho socialmente combinado. Deste modo, processos analógicos e digitais são executados sob a gestão algorítmica, consolidando e aprofundando as consequências sociais decorrentes do desenvolvimento tecnológico das forças produtivas. O autor estabelece que:

No contexto da Indústria 4.0, chegamos ao momento no qual o trabalho morto vem se tornando cada vez mais autônomo perante o trabalho vivo, à medida que as máquinas começam a aprender e interagir entre si de maneira automatizada, por meio da inteligência artificial e da internet das coisas (da sigla em inglês IoT: *internet of things*). Este processo faz surgir a interface máquina-máquina que, em alguns casos, já é capaz de dispensar quase que completamente a atuação humana direta (ARAUJO, 2022, p. 24).

O conceito já trazido de “fábrica inteligente”, o qual faz referência a um novo tipo de indústria, “mais inteligente” do que a do passado, e, possivelmente, um dos conceitos que melhor sintetize as mudanças que configuram a Indústria 4.0, consideram a posição e o *status* dos bens e processos, dando tanto uma maior precisão ao monitoramento e troca de informações quanto das necessidades da produção (LIMA; GOMES, 2020). Porém, o que se precisa levar em conta é como as tecnologias já apresentadas na composição da Indústria 4.0, também tendem a facilitar a interação entre as pessoas e máquinas. A questão que precisa ser pensada a partir de agora é como o processo de Gestão de Pessoas deve ocorrer neste novo espaço fabril.

Nova Perspectiva para Gestão de Pessoas

A atual caracterização de Gestão de Pessoas teve seu início no final do século XIX com o movimento científico, que foi marcado por Frederick W. Taylor (1856-1915), e por Henri Fayol (1841- 1925). Esse movimento tinha como objetivo proporcionar fundamentação científica para a padronização das atividades administrativas, para que a improvisação e o empirismo fossem substituídos, fazendo com que a falta de processos organizacionais fosse eliminada.

Penhaki (2019) afirma que, parte-se do entendimento de que a Gestão de Pessoas deve ter uma atuação estratégica e não apenas atue em atividades

rotineiras, de modo que a área deva contribuir efetivamente para a formulação e a implementação das estratégias organizacionais de curto, médio e, principalmente, de longo prazo. A área de gestão de pessoas, passa por muitas transformações e, cada vez mais, é vista como a área responsável pela excelência da organização que ascendeu de atividades operacionais e legais, para ações estratégicas. Essas mudanças surgiram com a era digital e com os novos paradigmas na gestão organizacional.

O processo de gestão possui como propósito valorizar os colaboradores com enfoque no conhecimento, desenvolvimento compartilhado e competitividade. Há um certo consenso que a capacidade de um Gestor de Pessoas leve indivíduos realizarem ações, tal qual um gerente, mas a compreensão do gestor mesmo que inclua em si a própria compreensão de gerente, ela transpõe este conceito, e passa a ser compreendida como a de um “Facilitador” ou “Mentor”, isto é, não é um indivíduo que orienta, que conduz, o gestor é um indivíduo com a capacidade de solucionar a pluralidade, a diversidade de competências e habilidades, tornar com que isso direcione ao propósito, a missão, a perspectiva de uma empresa de qualquer origem (COLTRE; MARTINS, 2018).

Albano (2001) já apontava que não basta disponibilizar novos recursos tecnológicos e de sistemas. As pessoas, os grupos e os diversos níveis gerenciais que compõem a força de trabalho da organização devem estar plenamente comprometidos com os resultados almejados, familiarizados com o processo de mudança proposto e motivados para a assimilação e o uso efetivo da nova tecnologia. Gerenciar mudanças, a partir da introdução de novas tecnologias, exige das organizações uma habilidade muitas vezes difícil de ser encontrada.

Silva (2020) coloca que, junto com a inovação tecnológica que norteia cada revolução industrial, um novo perfil de trabalhador é exigido, no tocante principalmente aos seus conhecimentos e habilidades para lidar com a nova tecnologia. O profissional de uma organização não é analisado somente pelos conhecimentos tecnológicos que possui, mas também pelo seu modo de agir, suas competências, conhecimentos, habilidades e atitudes, filosofia de trabalho e personalidade. Importantes tomadas de decisão baseadas na tecnologia, exigem reflexão sobre o modo como os próprios valores e as perspectivas como indivíduos são formadas e impactadas pela mesma, a tecnologia (SILVA, 2020).

Competências e Habilidades

Para Endo e colaboradores (2021), as competências e habilidades dos indivíduos de todos os níveis organizacionais relacionados com a indústria 4.0 são

vistos como fator essencial para que a transformação da quarta revolução industrial seja bem-sucedido. Em relação à competência, na literatura, são encontradas várias definições para o termo. A definição mais simples e corrente é a formada pelo conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes.

Santos e colaboradores (2018) afirmam que o conhecimento diz respeito ao saber, informações obtidas e estruturadas pelo indivíduo ao longo de sua vida; a habilidade seria o domínio do uso do intelecto de modo a executar tarefas específicas, relacionado ao saber fazer; a atitude refere-se a aspectos sociais e afetivos relacionados ao trabalho, ou seja, é a predisposição em relação à adoção de uma ação específica, com determinado padrão de recorrência.

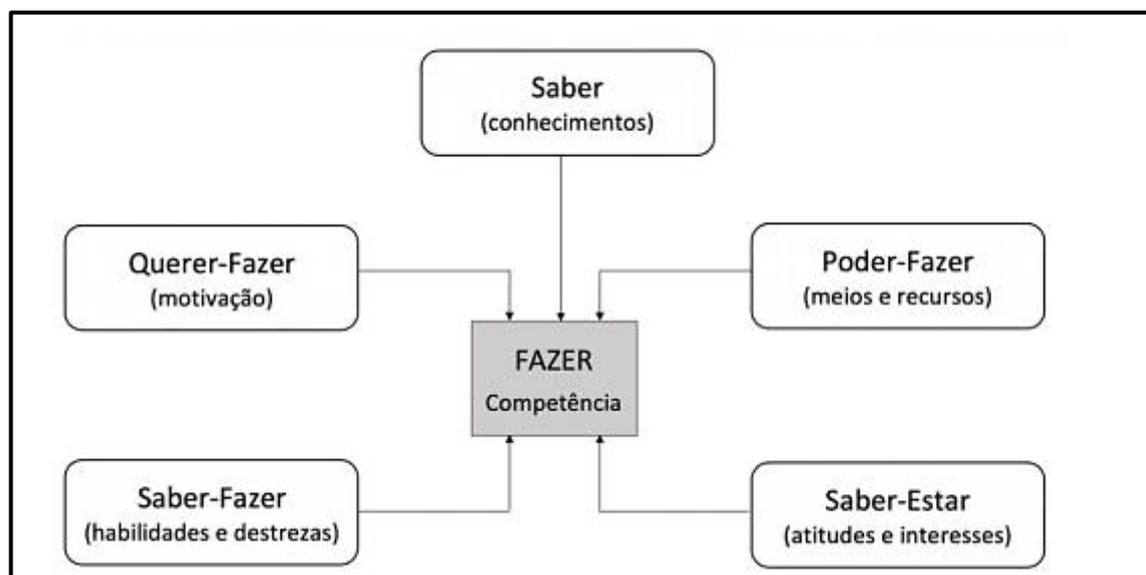
Uma possibilidade de se definir competência é analisa-la com enfoque no comportamento e resultados, porque é passível de observação e descrição objetiva, ou seja, por meio do comportamento é possível validar o que realmente causa desempenho superior no trabalho. Por outro lado, também há o enfoque na competência centrada na reação do profissional em face às situações complexas e desafiadoras do trabalho. Sendo assim, competência pode ser vista como um saber agir responsável e reconhecido, que implica mobilizar, integrar, transferir conhecimentos, recursos e habilidades, que agreguem valor econômico à organização e valor social ao indivíduo.

Segundo Travassos (2019), o saber, o saber-fazer, o saber-estar, o quere-fazer e o poder-fazer, podem ser vistos como componentes das competências conforme trazido na **Figura 6**. Estas, tanto *hard skills* como *Soft Skills*, são condições necessárias para o indivíduo desenvolver os comportamentos associados às competências que compõem o perfil de exigências:

- **Saber:** engloba o conjunto de conhecimentos que permitem ao titular da função realizar os comportamentos associados às competências;
- **Saber-fazer:** compreende uma panóplia de habilidades e destrezas que são fundamentais para a resolução de problemas em contexto laboral;
- **Saber-estar:** para além do desempenho eficaz das tarefas, é também essencial que os comportamentos estejam de acordo com as normas e regras da organização em geral, e do seu grupo de trabalho em particular. É um ponto alusivo às atitudes;
- **Querer-fazer:** está relacionado com aspectos motivadores, o que leva o indivíduo a querer realizar e desenvolver os comportamentos que compõem as competências.

- **Poder-fazer:** significa dispor na organização de todos os meios e recursos necessários ao desempenho dos comportamentos associados às competências.

Figura 6: Relacionamento entre cinco componentes da competência



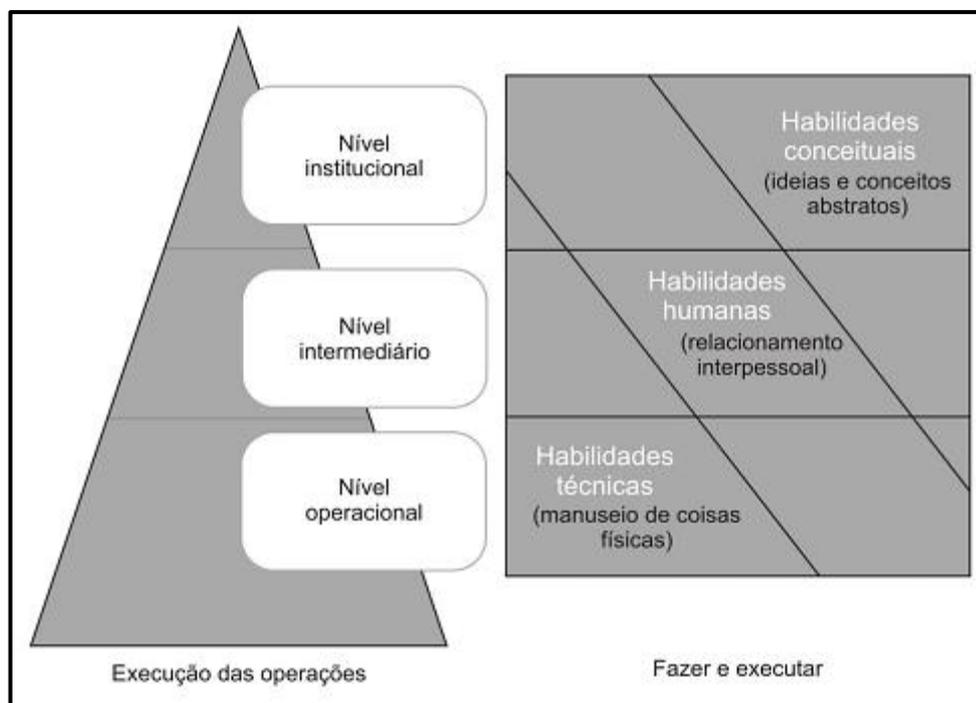
Fonte: adaptado de Ramos; Bento (2010, p. 110).

Desenvolver habilidades profissionais passou a ser muito interessante para as organizações, praticamente uma competência estratégica. Nenhuma ação única constitui a habilidade: habilidade consiste em um sistema de comportamentos passíveis de serem aplicados em uma ampla gama de situações.

Segundo Ferreira e colaboradores (2019), “habilidade é a capacidade de transformar conhecimento em ação e que resulta no desempenho desejado”. Então a habilidade está relacionada com o saber fazer as coisas, com a maneira como vai ser executada determinada tarefa. O indivíduo irá utilizar todo o seu conjunto de conhecimento para a realização de suas tarefas em conformidade com o que a organização deseja, ressaltando que essa competência ela não é inata, mas sim adquirida por meio do aprendizado. Torna-se evidente que as habilidades são as destrezas específicas para transformar conhecimento em ação, que resulte no desempenho desejado para alcance dos objetivos.

Existem basicamente três tipos de habilidades necessárias para que o administrador possa atuar de maneira eficaz no processo de suas atividades: habilidades técnicas; habilidades humanas e habilidades conceituais, conforme visto na **Figura 7:**

Figura 7. Tipos de habilidades na administração.



Fonte: elaborado pelos autores.

A habilidade técnica implica a compreensão que o profissional possui a respeito do domínio de um determinado tipo de atividade, um conjunto de conhecimento especializado com habilidade analítica. Esta é adquirida ao longo das experiências vividas, bem como por meio da educação e dos treinamentos pessoais. A habilidade humana é a capacidade que o profissional possui para executar suas tarefas com eficácia objetivando alcançar os resultados desejados, a qual possibilita que o profissional se comprometa e motive todo um grupo ou equipe de trabalho, pois possibilita que a pessoa tenha inteligência emocional mesmo em momentos que se encontre sob pressão, pois uma das características desta habilidade é a estabilidade emocional.

Soft Skills

Para compreender o lugar das *Soft Skills* no ambiente de trabalho, é preciso antes falar sobre as *Hard Skills*. As *Hard Skills*, também conhecidas como habilidade técnicas, consistem em conhecimento técnico e necessários para o trabalho. Esse tipo de habilidade relaciona-se a conquistas discriminadas em um currículo, tais como nível de formação, experiência de trabalho, conhecimento e nível de especialização.

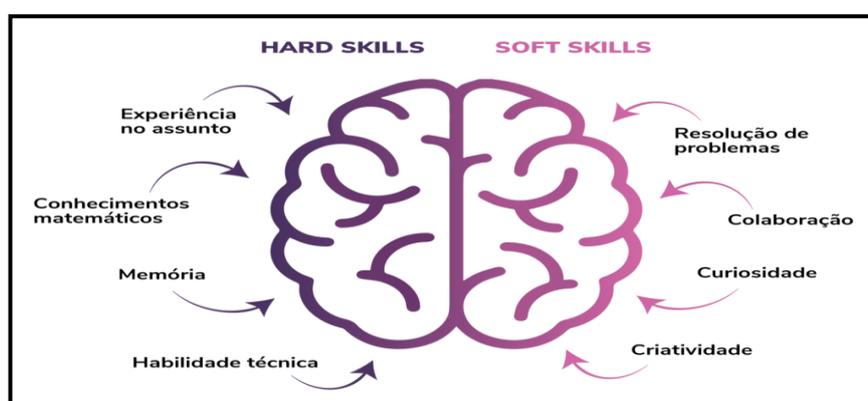
Assim, as *Hard Skills* são específicas, facilmente justificáveis e mensuráveis, podem ser aprendidas e aperfeiçoadas no decorrer dos anos. (PENHAKI, 2019).

Silva (2020) destaca ainda que há décadas atrás, em uma realidade onde as relações de trabalho eram mais estáveis e o nível de competitividade menor, havia espaço para aqueles profissionais que apresentassem apenas um bom desempenho técnico em sua área específica, mas atualmente, no período dessa pesquisa, o cenário é outro e as competências transversais têm sido demandadas dos funcionários desde que ingressam na organização. Sendo assim, Abreu (2022) afirma que, *hard skills* nada mais é que as habilidades técnicas, e podemos dividir as competências de um profissional em duas partes, as técnicas (*Hard Skills*) e as pessoais (*Soft Skills*).

Há divergências, de acordo com Penhaki (2019), quanto a definição e a contextualização das *Soft Skills*. É dito que as *Soft Skills* não podem ser discutidas sem referência ao trabalho em que são aplicadas, e que, em muitos casos, as descrições das *Soft Skills* são genéricas.

Ávila (2019) aponta que as *Soft Skills* podem ser referidas por termos distintos como: habilidades comportamentais, habilidades sociais ou até mesmo, habilidades pessoais. O seu significado também é impreciso, reforçando o que foi escrito no parágrafo acima. Sendo assim, elas podem ser definidas como habilidades intangíveis, que são difíceis de medir e estão intimamente relacionadas às atitudes dos indivíduos. A **Figura 8** contrapõe as características das competências de caráter técnico (*Hard*) e aquelas de competências de aspecto comportamental e socioemocional (*Soft*).

Figura 8 – Distinção entre *Hard Skills* e *Soft Skills*.



Fonte: adaptado de Viana (2021)³.

³ Disponível em: <https://keeps.com.br/Soft-Skills-e-Hard-Skills-o-que-sao-diferencas-e-como-desenvolver/>

Silva (2021) ressalta, que em um mundo corporativo altamente competitivo, o conhecimento técnico adquirido ao longo do curso universitário deve estar associado às habilidades comportamentais, características que os consolida e os diferencia diante do presente cenário. As competências transversais determinadas pelas *Soft Skills* são habilidades determinantes, pois o indivíduo assume um comportamento mais estratégico do que operacional, conseguindo tomar decisões mais inteligentes. Caracterizar as *Soft Skills* no contexto da Indústria 4.0, bem como apresentar a importância na formação do gestor da produção industrial, evidenciando a diferença entre as competências adquiridas no ensino superior daquelas requeridas pelo mercado, trata-se de uma justificativa plausível deste projeto de trabalho de graduação.

A Indústria 4.0 mudou a natureza do trabalho de forma significativa, recorrendo a um conjunto diferente de competências. Porém, de acordo com Silva (2021), apesar de todo o esforço de digitalização dos processos, o ser humano ainda é peça fundamental para utilização das tecnologias digitais devido à capacidade de tomar decisões e flexibilidade. O redesenho dos processos, segundo o autor, pela adição de novas tecnologias, provocam mudanças nas funções ou tipos de atividade em uma organização, sendo que essas mudanças provocam transformações nos requisitos de competência dos colaboradores.

Para Abreu (2022) as três principais competências socioemocionais exigidas para um trabalhador na era digital são: criatividade, inteligência emocional e pensamento proativo. Essas três competências de ponta ajudam um funcionário a se adaptar facilmente às mudanças incrementais que são características da natureza das tecnologias da Indústria 4.0. Devido a importância das competências socioemocionais, é necessário entender como ensiná-las e melhorá-las. Isso se deve porque essas competências irão diferenciar os homens das máquinas. Em programas de treinamento, as competências socioemocionais e características pessoais merecem atenção tanto quanto as competências técnicas, pois representam fatores protetores na mudança de situações. Todas essas intervenções podem fomentar a aceitação da tecnologia dentro da empresa e fornecer conhecimento sobre a Indústria 4.0 em todos os níveis.

A nova configuração de *Soft Skills* também satisfaz as características de interoperabilidade, virtualização, descentralização, produção em tempo real, modularidade e serviços orientados para o desenvolvimento tecnológico. Na prática, como o mundo está cada vez mais repleto de informações e dados dispersos, é preciso tomar decisões rápidas, decisivas e éticas, pois grandes quantidades de dados exigem mais criatividade para realizar análises mais complexas. Motivação e flexibilidade farão o indivíduo pensar em novas maneiras de identificar inovações

disruptivas, bem como comunicar-se de forma decisiva será capaz de compartilhar conquistas e descobrir novas possibilidades entre as partes interessadas relevantes.

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 Silva e colaboradores (2022), necessitará da criação de uma espécie de *learning factory* (fábrica de aprendizagem), 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. Serão 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, conforme exemplificado no Quadro 3:

Quadro 3 – Aplicação de tecnologias e habilidades requeridas.

Tecnologia 4.0	Antigo cenário	Cenário Atual (Impactos sobre a procura de trabalhadores)	Cenário Atual (Novas habilidades requeridas)
<i>Big Data</i> 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: adaptado de Silva (2022).

Conclui-se que as tendências indicam que os profissionais irão extrair e preparar dados, realizar análises avançadas e outras atividades. São necessárias habilidades de programação estatística, linguagens de programação, supervisão do robô, avaliação e resposta a sinais falsos, execução e manutenção, e outras atividades. As empresas precisam estar atentas aos seus profissionais para que possam se manter atualizados, devem adotar novos modelos de trabalho, implantar novos modelos de negócios, recrutar para a indústria 4.0 e se comprometer com o planejamento estratégico da força de trabalho.

611

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Gestão de Recursos Humanos no ambiente da Indústria 4.0 pode-se tornar mais eficiente ao conhecer as competências importantes para a Indústria 4.0. Ao conhecê-las, recrutamentos de acordo com a necessidade de competências podem ser mais assertivo e os treinamentos e requalificações mais direcionados. A indústria também poderá investir especificamente em capital humano, que muitos economistas chamam de nova riqueza do país, e formar profissionais com base nas necessidades da Indústria 4.0, com foco na empregabilidade, produtividade e competitividade.

É notório a tendência da automação fabril baseada em sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas e computação em nuvem, que permite que máquinas sejam combinadas com processos digitais para tomar decisões descentralizadas e promover a cooperação máquina- máquina e máquina-homem por meio da Internet. Essas novas tecnologias levam a indústria a se mover em direção à dinâmica, reduzir a interferência humana e sistemas interconectados inteligentes. As especificações exigidas serão conhecimentos e qualificações e novas habilidades e seu impacto pode ser dividido em seis grandes áreas, tais como, indústria; produtos e serviços; modelos de negócios e de mercado; economia; ambiente de trabalho e desenvolvimento de competências. Não haverá a retirada da participação do trabalhador no que se entende hoje como processo de produção, mas sim, com o decorrer dos tempos e, em curto prazo, a exigência de aquisição de novas habilidades de conhecimento e de adaptação a cenários como rápidas mudanças.

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 planejamento ou de organização (Hard Skills), além do investimento em habilidades relacionadas a aspectos da personalidade (Soft Skills) serão as competências mais valorizadas na Indústria 4.0

REFERÊNCIAS

ABREU, A. P. **Os principais impactos das *Soft Skills* do engenheiro na cultura organizacional de uma organização.** 2022, 33 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade do sul de Santa Catarina, Palhoça, 2022.

AIRES, R. W. A.; MOREIRA, F.; FREIRE, P. S. Indústria 4.0: desafios e tendências para a gestão do conhecimento. **Anais do I SUCEG – Seminário Universidades Corporativas e Escolas de Governo.** Florianópolis – SC – Brasil – 07 e 08/12/2017.

ALBANO, C. **Problemas e ações na adoção de novas tecnologias de informação:** um estudo em cooperativas agropecuárias do Rio Grande do Sul. 2001. 135 f. Dissertação (Mestrado em Administração) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ARAUJO, W. P. Marx e a indústria 4.0: trabalho, tecnologia e valor na era digital. **Revista Katálysis**, v. 25, n. 1, p. 22-32, 2022.

ÀVILA, M. C. **Estudo bibliométrico da importância das *soft skills* na indústria 4.0.** Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). 2019, 57 f. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Guaratinguetá. Guaratinguetá, São Paulo, 2019.

CARVALHO, E. S. S.; DUARTE FILHO, N. F. Proposta de um sistema de aprendizagem móvel com foco nas características e aplicações práticas da indústria 4.0. **Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, n. 27, p. 36-51, 2018.

COELHO JUNIOR, E. M.; ANDRADE, A.; QUINTINO, L.; DELLA PIAZZA, C. A.; ANDRADE, A. A. A evolução das tecnologias OPC como subsídio para as fábricas inteligentes. **XIV Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica**, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2016.

COLTRE, J.; MARTINS, L. M. A industrial 4.0 na gestão estratégica: desafios e oportunidades para as empresas brasileiras. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, n. especial, p. 110-128, 2018.

COSTA, R. P. **Como o controle de torque, integrado ao sistema MES XGAAT, e torquímetros *wireless*, controladoras e ponteiras, contribuirão para a diminuição do FPM, no chão de fábrica?** Um estudo de caso à luz da indústria 4.0. 2019. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Goiás. Catalão, Goiânia, 2019.

CUNHA, R. F.; MARZOQUE, H. J.; NOGUEIRA, R. L.; MACHADO, V. E. A. Desafios da gestão de pessoas na indústria 4.0. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 38862-38877, 2020. DOI:10.34117/bjdv6n6-432.

ENDO, G. Y.; MATOS, C.; SANTOS, L. C.; KOVALESKI, J. L. *Skills* dos profissionais da indústria 4.0: uma revisão de literatura. **CONBREPO - XI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

FERREIRA, M. M. M. G.; DUARTE, A. C. S.; SAMPAIO, J.; MAGALHÃES, D. V.; FERREIRA, L. R. F. N. Conhecimento, habilidades e atitudes (CHA) e gestão por competências: um estudo de caso na Faculdade da Amazônia. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 31950-31965, 2019. DOI:10.34117/bjdv5n12-276.

GIACON, E.; MESQUITA, M. A. Levantamento das práticas de programação detalhada da produção: um *survey* na indústria paulista. **Gestão & Produção**, v. 18, n. 3, p. 487-498, 2011.

GORI, R. S. L.; GORI, D. D. L. *Smart factory* e a indústria 4.0: uma revisão sistemática de literatura. **Revista Sítio Novo Palmas**, v. 6, n. 2, p. 141-155, 2022.

KILIN, C.; OLIVEIRA, G. M.; MANCUZO, F. Indústria 4.0 e os conceitos utilizados nas organizações. **Revista Conectus**, v. 1, n. 3, p. 1-19, 2021.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LE BOTERF, G. **Desenvolvendo a competência dos profissionais**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

LIMA, F. R.; GOMES, R. Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, e0200023, p. 1-30, 2020.

MANHÃES, N. C.; PESSANHA, G. B. S. S.; RIBEIRO, S. M. S. *Soft Skills*: a importância na formação do engenheiro de produção frente a indústria 4.0. **Revista Perspectivas Online: Exatas & Engenharias**, v. 11, n. 33, p. 44, 2021.

MASCARENHAS, A. O. **Gestão Estratégica de Pessoas**: evolução, teoria e crítica. São Paulo: Cengage Learning, 2020.

OLIVEIRA, L. E. S.; ÁLVARES, A. J. Desenvolvimento de um sistema para monitoramento e teleoperação de máquinas-ferramenta CNC via internet aderente à indústria 4.0. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v.4, n.1, p.133-151, 2018.

PASQUINI, N. C. As revoluções industriais: uma abordagem conceitual. **Revista Tecnológica da FATEC de Americana**, v. 8, n. 1, p. 29-44, 2020.

PISCHING, M. A.; TASCA, A. A.; PESSOA, M. A. O.; JUNQUEIRA, F.; MIYAGI, P. E. Arquitetura para desenvolvimento de sistemas ciber-físicos aplicados na indústria 4.0. **XIII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente**, Porto Alegre, RS, 2017.

PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. O. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2018.

PESSOA, L. B. P. **Proposta de mapeamento de competências para atuação do trabalhador no contexto da indústria 4.0.** 2021, 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021.

RODRIGUES, L. S.; JESUS, R. A.; SCHÜTZER, K. Indústria 4.0 – uma revisão da literatura. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 38, p. 33-45, 2016.

RODRIGUES, T. V.; FERNADES, C. H.; SANJULIÃO, L. R. K. A. F. Abordagens conceituais da indústria 4.0. **X Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.

SANTOS, B. P.; ALBERTO, A.; LIMA, T. D. F. M.; CHARRUA-SANTOS, F. M. B. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v.4, n.1, p.111-124, 2018.

SANTOS FILHO, R. P.; FONTGALLAND, I. S. Tecnologia embarcada e a Indústria 4.0. **Revista E-Acadêmica**, v. 3, n. 1, e103195, 2022.

SAKURAI, R.; ZUCHI, J. D. As revoluções industriais até a indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 480-491, 2022.

SERPA, A. M. P.; SEFFRIN, L. L. **Soft Skills nas organizações contemporâneas: uma revisão bibliográfica sobre seus reflexos na gestão de pessoas.** Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). 2021, 20 f. Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos – UNICEPLAC – Curso de Gestão de Recursos Humanos. Gama, Distrito Federal, 2021.

SILVA, T. L. **Desenvolvimento de competência de líderes gestores frente a indústria 4.0.** 2020. 46 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Administração de Empresas) - Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade – FEAC. Maceió, Alagoas, 2020.

SILVA, C. **Estudo das competências pessoais e interpessoais de acordo com as soft skills e hard skills nos empresários das PMEs.** 2012, 49 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Humanos) - Instituto Superior de Línguas e Administração. Vila Nova de Gaia, Portugal, 2012.

SILVA, F. A. M. **Caracterização da demanda profissional na indústria 4.0.** 2020, 29 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de C) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola de Gestão e de Negócios. Goiânia, Goiás, 2020.

SOUSA, R. S.; TAIRA, G. R.; PARK, S. W. Integração do sistema ciber-físico para sistema de integração, intertravamento e controle de um reator batelada. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 5, n. 5, p. 424-432, 2019.

SOUZA, M. T.; SANTOS, F. C. A. Competências operacionais e indústria 4.0: revisão sistemática da literatura. **Future Studies Research Journal**, v. 12, n. 2, p. 264-288, 2020.

VARGAS, J. C. **Identificação de incertezas na adoção de tecnologias**: estudo aplicado a uma plataforma digital para a indústria 4.0. 2022. 162 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola de Engenharia. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2022.

TAKAYAMA, A.; PANHAN, A. M. Indústria 4.0: desafios e oportunidades para a indústria brasileira. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação- REASE**, v. 8, n. 5, p. 1797-1822, 2022.

TRAVASSOS, V. D. C. **A importância das soft skills nas competências profissionais**. 2019, 122 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Empresarial). Instituto Politécnico de Coimbra. Coimbra, Portugal, 2019.

Os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.