

INTEGRAÇÃO ENTRE COMPETÊNCIAS OPERACIONAIS E INDÚSTRIA 4.0: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA NO PERÍODO DE 2011 A 2020

INTEGRATION BETWEEN OPERATIONAL SKILLS AND INDUSTRY 4.0: SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE IN THE PERIOD 2011 TO 2020

Marina Teixeira de Souza*
Fernando César Almada Santos**

RESUMO

Indústria 4.0 corresponde a um sistema organizacional totalmente conectado e automatizado, em que as decisões são tomadas com base em informações em tempo real de um conjunto totalmente integrado e vinculado de equipamentos e pessoas. Trata-se de uma temática de significativo interesse e que requer atenção de acadêmicos, pesquisadores e gestores uma vez que implica em variáveis como sobrevivência, diferenciação e excepcionalidade da organização diante do mercado em que atua. Esse artigo tem como objetivo analisar a integração entre Competências Operacionais e Indústria 4.0 a partir de uma revisão sistemática da literatura. Para isso, foram analisados 58 artigos a partir de uma pesquisa bibliográfica utilizando a base de dados *Web of Science* e considerando o período de 2011 até 2020. As publicações envolveram mais de 60 autores e de 25 países. Os países que mais se destacaram foram Alemanha e China. Uma das principais contribuições do estudo é apresentar de maneira integrada a reflexão acerca das Competências Operacionais e Indústria 4.0.

Palavras-chave: Competências Operacionais. Indústria 4.0. Revisão Sistemática da Literatura.

ABSTRACT

Industry 4.0 corresponds to a fully connected and automated organizational system, in which decisions are made based on real-time information from a fully integrated and linked set of equipment and people. It is a topic of significant interest and requires attention from academics, researchers and managers since it implies variables such as survival, differentiation and exceptionality of the organization in the market in which it operates. This article aims to analyze the integration between Operational Competencies and Industry 4.0 from a systematic review of the literature. For this, 58 articles were analyzed from a bibliographic search using the Web of Science database and considering the period from 2011 to 2020. The publications involved more than 60 authors and from 25 countries. The countries that stood out the most were Germany and China. One of the main contributions of the study is to present in an integrated manner the reflection on Operational Competencies and Industry 4.0.

Keywords: Operational Skills. Industry 4.0. Systematic Literature Review.

* Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos EESC-USP. ts.marina@usp.br

** Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos EESC-USP. almada@sc.usp.br

Introdução

A Indústria 4.0 tem ganhado atenção de pesquisadores, acadêmicos e gestores ao redor do mundo (LIAO *et al.*, 2017) isso se deve ao fato de que a chamada Quarta Revolução Industrial tem como objetivo automação, integração vertical e horizontal e digitalização de todos os processos organizacionais de manufatura e serviços a fim de viabilizar uma produção inteligente, customizada e flexível (PICCAROZZI *et al.*, 2018).

Para Frank *et al.* (2019), a Indústria 4.0 promove a manufatura inteligente a partir de um sistema interconectado e flexível. Como resultado, auferem-se qualidade, produtividade e customização de produtos de acordo com a demanda do cliente além de conseguir gerir em tempo real toda movimentação da cadeia de suprimentos.

Adicionalmente, como forma de se manterem no mercado e obterem maiores ganhos em competitividade, as organizações passam a reconhecer que a sobrevivência no mercado está ligada à capacidade de diferenciação e ao desenvolvimento contínuo, que é condicionado a partir do trabalho e valorização dos trabalhadores. De forma paralela, as pessoas também sabem da importância do desenvolvimento constante para garantirem sua mobilidade no mercado (DUTRA; COMINI, 2010). Nessa relação de mútuo desenvolvimento é que se encaixa a reflexão acerca das Competências Operacionais necessárias à promoção da Indústria 4.0.

De acordo com Souza e Santos (2020, p. 6) além de disponibilizar uma infraestrutura tecnológica com padrões da Indústria 4.0, é necessário que as empresas capacitem funcionários para que estejam aptos e incorporados ao novo contexto da organização. Uma vez que, segundo os mesmos autores, “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”.

As funcionalidades das Competências nas organizações estão associadas à: a) Sobrevivência: uma vez que as competências contribuem para a sobrevivência da organização no médio prazo; b) Diferenciação: considerando que é possível diferenciar a organização a partir de suas competências; c) Excepcionalidade: as competências contribuem para o pioneirismo da organização no mercado (RUAS, 2003).

A fim de assegurarem a sobrevivência, diferenciação e excepcionalidade no mercado em que atuam, as organizações precisam estar prontas para as novas demandas, considerando que a Indústria 4.0 tem um importante impacto estratégico no

desenvolvimento industrial global e objetiva aumentar o nível de industrialização, informatização e digitalização de processos organizacionais para alcançar maior eficiência, competência e competitividade (XU *et al.*, 2018), e ciente de que essa mudança não afetará somente sistemas de produção, mas também terá efeito significativo na força de trabalho (KAZANCOGLU; OZKAN-OZEN, 2018).

Em virtude da notória importância da temática e com a inquietação dos desdobramentos da Indústria 4.0, a lacuna identificada – com base nas pesquisas realizadas na base de dados *Web of Science* até o momento – é que há necessidade de realizar uma revisão sistemática da literatura que apresente de maneira integrada a reflexão acerca das Competências Operacionais e Indústria 4.0.

Logo, o objetivo deste artigo é analisar a integração das competências operacionais e Indústria 4.0 entre os anos de 2011 a 2020 a partir de uma revisão sistemática da literatura. Sendo assim, o artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta o referencial teórico sobre Competências Operacionais e Indústria 4.0; a Seção 3 apresenta a metodologia utilizada no estudo; a Seção 4 apresenta os resultados e, por fim, as considerações finais e perspectivas são apresentadas na Seção 5.

1 Referencial Teórico

As primeiras revoluções industriais tiveram como marco a mecanização, a eletricidade e a tecnologia da informação (OBERER; ERKOLLAR, 2018; YIN; STECKE; LI, 2018). Já a Quarta Revolução Industrial tem como marco produção inteligente e flexível, análise de dados em larga escala e em tempo real e melhorias em processos de tomada de decisão (DALENOGARE *et al.*, 2018; FRANK; DALENOGARE; AYALA, 2019), além de componentes como *Big Data*, simulação dos sistemas de produção, Internet das Coisas (IoT), sistemas ciberfísicos, computação em nuvem, realidade virtual, segurança cibernética, robôs colaborativos, comunicação máquina-a-máquina (MOEUF *et al.*, 2017).

A implantação da Indústria 4.0 viabiliza a automação e digitalização dos processos de fabricação e é vital para as empresas que buscam acompanhar as tendências emergentes na produção (MEDIC *et al.*, 2019). Além disso, a Quarta Revolução Industrial afeta também a força de trabalho – operadores – das empresas (KAZANCOGLU; OZKAN-OZEN, 2018), por esse motivo, é necessário refletir acerca de quais são as competências operacionais necessárias aos trabalhadores no contexto da Indústria 4.0.

O conceito de competência foi discutido pela primeira vez em 1973 por David McClelland (DUTRA *et al.*, 2013) e se modifica a depender de sua abordagem: a norte-americana e a francesa. Segundo Dutra (2017), o conceito americano de competências se respalda inicialmente na literatura proposta por David McClelland na década de 70, que buscava substituir os testes de inteligência nos processos seletivos de organizações e posteriormente orientar outras práticas de gestão de pessoas como processos avaliativos e de desenvolvimento.

A perspectiva americana está alinhada com a lógica taylorista de gestão, em que as pessoas são apenas adequadas para as suas funções a partir da definição dos conhecimentos, habilidades e atitudes necessárias para o cargo ou grupo que devem ocupar, acredita-se que são as capacidades humanas que justificam o alto desempenho dos seus trabalhadores (DUTRA, 2017).

Já a abordagem francesa prioriza a maneira com que os indivíduos mobilizam seu repertório de conhecimentos e habilidades em um determinado contexto, para gerar valor para o meio em que está inserido, em outras palavras, existe uma conexão entre as competências e os saberes do indivíduo (FLEURY; FLEURY, 2001; DUTRA, 2017). Nessa perspectiva, o modelo de competências para a gestão de organizações é justificado devido a três transformações do mundo do trabalho que são: a) Noção de incidente: já que cada vez mais as organizações lidam com situações de trabalho imprevistas e não programadas que obrigam as organizações deixarem de utilizar o sistema de tarefas pré-definidas para cada pessoa, demandando também que os funcionários mobilizem constantemente novos recursos para resolver situações de trabalho inesperadas; b) Noção de comunicação: as pessoas precisam compreender quem são e compreenderem também os outros, além dos objetivos organizacionais de onde atuam; c) Noção de serviço: as organizações precisam ter como centralidade, em todas suas atividades, a ideia de atender um cliente externo ou interno (ZARIFIAN, 2001)

Dessa forma, as competências passam a ser a inteligência prática para o cotidiano do trabalho que se dá a partir dos conhecimentos adquiridos que vão se modificando pela complexidade das situações (ZARIFIAN, 2001). Sendo assim, competências não são um estado e não se reduzem ao conhecimento estático, e sim, é algo que se dá e se transforma a partir da biografia, socialização, formação educacional e experiência profissional da pessoa que a detém e a desenvolve (LE BOTERF, 1996).

De acordo com Dutra (2013, p.16) as principais tendências da literatura acerca da abordagem competências são as apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Tipos de Abordagem Competência

Competências Individuais	Referem-se à competência de indivíduos, cuja entrega é resultante de trabalho individual.
Competências Coletivas ou Grupais	Referem-se a competências coletivas, cuja entrega é resultado coletivo.
Competências da Organização	Refere-se a competências que dizem respeito à estratégia da empresa e são evidentemente também competências coletivas.

Fonte: elaborado pelos autores a partir de Dutra (2013, p. 16)

Segundo a abordagem francesa os conhecimentos e o *know-how* individuais não são considerados competências se não forem comunicados e utilizados, uma vez que ser competente implica mobilizar, integrar e transferir os conhecimentos de acordo com o contexto que está inserido. Ao mesmo tempo, sob a perspectiva da organização, ser competente significa agregar valor econômico para a empresa e valor social para os indivíduos, assim as organizações devem competir não apenas em relação aos seus produtos e serviços, mas por meio das competências, objetivando atrair, desenvolver e reter talentos competentes para atender às competências da organização (FLEURY, FLEURY, 2001).

De acordo com Dutra (2017, p. 55) “quando as competências individuais se harmonizam no todo, temos um conjunto competente”, esse argumento justifica o fato deste estudo abordar as chamadas Competências Operacionais – ou também chamadas pelo mesmo autor de Competências Individuais, que são relacionadas às atividades-fim da empresa – ademais, seguindo a recomendação de Souza e Santos (2020) – analisar a relação das Competências Organizacionais e Indústria 4.0 – é que este estudo foi realizado.

2 Aspectos Metodológicos

Diante do panorama apresentado na temática desta proposta e considerando o objetivo dessa pesquisa que é identificar estudos na temática de Competências Operacionais e Indústria 4.0 entre os anos de 2011 até 2020, mostram-se a seguir os aspectos metodológicos deste estudo.

O presente estudo é caracterizado como uma pesquisa bibliográfica que, de acordo com Gil (2008, p. 50), “é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”. Ademais, o autor destaca que a principal

vantagem desse tipo de pesquisa é a de que o pesquisador pode investigar aspectos de forma amplificada.

Tranfield, Denyer e Smart (2003) propõem um modelo para a condução da chamada revisão sistemática da literatura, que é composto por três fases: planejamento da revisão, condução e divulgação dos resultados analisados. O Quadro 2 apresenta as etapas seguidas para realização da revisão sistemática da literatura proposta.

Quadro 2 - Etapas da Pesquisa

PLANEJAMENTO DA REVISÃO	Etapa 1	Definição da temática da pesquisa
CONDUÇÃO	Etapa 2	Escolha da base de dados para realização da busca
	Etapa 3	Identificação do período da busca
	Etapa 4	Seleção das palavras-chave
	Etapa 5	Definição dos critérios de seleção e exclusão dos artigos
DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS	Etapa 6	Apresentação da análise dos artigos selecionados identificando evolução da temática ao longo dos anos, países de origem dos estudos, <i>journals</i> e instituições nos quais os estudos foram publicados, principais autores da temática, metodologias utilizadas e principais discussões e abordagens.

Fonte: elaborado pelos autores

Segundo Tranfield, Denyer e Smart (2003) o planejamento da revisão significa identificar a necessidade de uma revisão e desenvolver um protocolo de revisão. Para isso, correspondendo a etapa 1 – de acordo com o Quadro 2 – o presente estudo identificou a necessidade da revisão dada inquietação quanto ao objetivo de pesquisa, uma vez que foi identificada a necessidade de apurar os estudos com a temática de competências operacionais e indústria 4.0 entre os anos de 2011 até 2020.

E, com relação ao desenvolvimento de um protocolo de revisão, os mesmos autores afirmam que há a necessidade de formular o objetivo da pesquisa, identificar a fonte de pesquisa, definir procedimentos para selecionar e excluir artigos. Sendo assim, a presente revisão sistemática objetivou analisar a integração das competências operacionais e Indústria 4.0 entre os anos de 2011 a 2020.

A etapa 2 refere-se a escolha da base de dados utilizada, que foi a Web of Science (THOMSON REUTERS, 2018), dada relevância e abrangência que é de 81 países e possui mais de 11 mil *journals* indexados e cobrindo o período de 1900 até hoje. É válido dizer que a pesquisa foi realizada no período de 17 a 26 de março de 2020.

Já na etapa 3 – identificação do período da busca – o recorte temporal foi a partir de 2011. Isso se deu pelo fato da temática de Indústria 4.0 ter sido evidenciada pela primeira vez na Feira de Hannover, no ano de 2011, na Alemanha (KAGERMANN, *et al.* 2013).

A etapa 4 apresenta a necessidade de selecionar as palavras-chave do estudo, as quais foram: “flexibility”, ”adaptability”, ”learn*”, ”continuos learn*”, “creat*”, “innov*”, “iniciativ*”, “resilienc*”, “leadership”, “leader”, “teamwork”, “team work”, “team”, “group”, “communication”, “negotiation”, “global vision”, “overview”, “systemic thinking”, “plann*”, “problem solving”, “decision-making”, “decision making”, “autonomy”, “industr* 4.0”, “4th industrial revolution”, “fourth industrial revolution”. Cabe dizer que os asteriscos (“*”) utilizados são por conta das variações que as palavras poderiam apresentar, por exemplo: “industry” ou “industrie”.

No que se refere a etapa 5 – definição dos critérios de seleção e exclusão dos artigos – foram incluídos critérios para que a pesquisa trouxesse resultados dentro do período estipulado (2011 até 2019) e que as palavras-chave estivessem no título dos artigos, para isso, foram utilizados também operadores lógicos de pesquisa (operadores booleanos), que permitiram a construção dos seguintes *strings* de busca, conforme mostra o Quadro 3.

Quadro 3 – *Strings* de busca utilizados

PESQUISA	COMPETÊNCIAS	STRING DE BUSCA
1	Flexibilidade/ Adaptabilidade	TITLE-ABS-KEY("flexibility" OR "adaptability") AND TITLE-ABS-KEY (“industr* 4.0” OR “4th industrial revolution” OR “fourth industrial revolution”) PUBYEAR AFT 2011.
2	Aprendizagem contínua	TITLE-ABS-KEY ("learn*" OR "continuos learn*") AND TITLE-ABS-KEY (“industr* 4.0” OR “4th industrial revolution” OR “fourth industrial revolution”) PUBYEAR AFT 2011.
3	Inovação/ Criatividade	TITLE-ABS-KEY ("creat*" OR "innov*") AND TITLE-ABS-KEY (“industr* 4.0” OR “4th industrial revolution” OR “fourth industrial revolution”) PUBYEAR AFT 2011.
4	Iniciativa/ Disposição	TITLE-ABS-KEY ("iniciativ*") AND TITLE-ABS-KEY (“industr* 4.0” OR “4th industrial revolution” OR “fourth industrial revolution”) PUBYEAR AFT 2011.
5	Resiliência	TITLE-ABS-KEY ("resilienc*") AND TITLE-ABS-KEY (“industr* 4.0” OR “4th industrial revolution” OR “fourth industrial revolution”) PUBYEAR AFT 2011.
6	Liderança	TITLE-ABS-KEY ("leadership" OR "leader") AND TITLE-ABS-KEY (“industr* 4.0” OR “4th industrial revolution” OR “fourth industrial revolution”) PUBYEAR AFT 2011.
7	Trabalho em equipe	TITLE-ABS-KEY ("teamwork" OR "team work" OR "team" OR "group") AND TITLE-ABS-KEY (“industr* 4.0” OR “4th industrial revolution” OR “fourth industrial revolution”) PUBYEAR AFT 2011.
8	Comunicação	TITLE-ABS-KEY ("communication") AND TITLE-ABS-KEY (“industr* 4.0” OR “4th industrial revolution” OR “fourth industrial revolution”) PUBYEAR AFT 2011.

9	Negociação	TITLE-ABS-KEY ("negotiation") AND TITLE-ABS-KEY ("industr* 4.0" OR "4th industrial revolution" OR "fourth industrial revolution") PUBYEAR AFT 2011.
10	Pensamento sistêmico	TITLE-ABS-KEY ("global vision" OR "overview" OR "systemic thinking") AND TITLE-ABS-KEY ("industr* 4.0" OR "4th industrial revolution" OR "fourth industrial revolution") PUBYEAR AFT 2011.
11	Planejamento	TITLE-ABS-KEY ("plann*") AND TITLE-ABS-KEY ("industr* 4.0" OR "4th industrial revolution" OR "fourth industrial revolution") PUBYEAR AFT 2011.
12	Resolução de problemas	TITLE-ABS-KEY ("problem solving") AND TITLE-ABS-KEY ("industr* 4.0" OR "4th industrial revolution" OR "fourth industrial revolution") PUBYEAR AFT 2011.
13	Tomada de decisão	TITLE-ABS-KEY ("decision-making" OR "decision making") AND TITLE-ABS-KEY ("industr* 4.0" OR "4th industrial revolution" OR "fourth industrial revolution") PUBYEAR AFT 2011.
14	Autonomia	TITLE-ABS-KEY ("autonomy") AND TITLE-ABS-KEY ("industr* 4.0" OR "4th industrial revolution" OR "fourth industrial revolution") PUBYEAR AFT 2011.

Fonte: elaborado pelos autores

Assim, os artigos resultantes da busca realizada foram catalogados em planilha do MS Excel dando origem a uma base de artigos com as seguintes informações: título do artigo, autores, ano de publicação, número de citações e resumo. Cabe ressaltar que foram encontrados, no total, 108 artigos de acordo com a disposição da Tabela 1.

Tabela 1 – Artigos encontrados em cada competência analisada

COMPETÊNCIAS	ARTIGOS ENCONTRADOS
Inovação/Criatividade	52
Aprendizagem contínua	21
Comunicação	8
Planejamento	8
Liderança	5
Tomada de decisão	3
Trabalho em equipe	3
Flexibilidade/Adaptabilidade	2
Iniciativa/Disposição	2
Pensamento sistêmico	2
Resiliência	1
Resolução de problemas	1
Autonomia	0
Negociação	0
Total	108

Fonte: elaborado pelos autores

De acordo com a Tabela 1, nota-se que a competência Inovação/Criatividade resultou em mais artigos encontrados (n=52) e seguida de Aprendizagem contínua (n=21).

As competências relacionadas à autonomia e negociação não resultaram em nenhum artigo. Na sequência, foi realizada uma análise dos conteúdos dos artigos encontrados para que fossem identificados os artigos que iriam compor a presente revisão bibliográfica – o critério analisado nessa etapa foi a relação direta com a presente temática, sendo assim, os artigos que não seguiram esse critério foram descartados. Feita a análise dos trabalhos, foram identificados 58 artigos diretamente relacionados à temática desse estudo, conforme apresenta a Tabela 2.

Tabela 2 – Artigos selecionados por competência

COMPETÊNCIAS	ARTIGOS SELECIONADOS
Inovação/Criatividade	27
Aprendizagem contínua	5
Comunicação	6
Planejamento	7
Liderança	3
Tomada de decisão	3
Flexibilidade/Adaptabilidade	1
Iniciativa/Disposição	2
Pensamento sistêmico	2
Resiliência	1
Resolução de problemas	1
Autonomia	0
Negociação	0
Trabalho em equipe	0
Total	58

Fonte: elaborado pelos autores

Na sexta etapa do estudo, denominada por Tranfield, Denyer e Smart (2003) como divulgação dos resultados, os 58 artigos identificados foram lidos por completo e que são discutidos na Seção 4 evidenciando a apresentação da análise dos artigos selecionados identificando os países de origem dos estudos e principais discussões e abordagens.

3 Resultados e discussões

A seguir são apresentados os resultados das análises dos estudos selecionados no tocante a distribuição das publicações de acordo com a nacionalidade e discussão de cada um dos 58 artigos selecionados no presente estudo. A Tabela 3 mostra a origem dos estudos acerca da temática de Indústria 4.0 e Competências Operacionais.

Tabela 3 – Origem dos estudos da temática de Indústria 4.0 e Competências Operacionais

Competência	Continente	País	Número de estudos	
Inovação e Criatividade	Europa	Alemanha	6	
		República Tcheca	3	
		Áustria	3	
		Itália	2	
		Bélgica	1	
		Inglaterra	1	
		Polônia	1	
	Ásia	Sérvia	1	
		Coreia do Sul	2	
		Índia	1	
		Palestina	1	
		América do Norte	Canadá	1
			Estados Unidos	1
		América do Sul	Brasil	2
África	África do Sul	1		
Aprendizagem Contínua	Europa	Alemanha	1	
		Hungria	1	
		Polônia	1	
		Romênia	1	
	América do Norte	Estados Unidos	1	
Comunicação	Europa	Alemanha	2	
		Sérvia	1	
		Itália	1	
		Espanha	1	
	América do Sul	Brasil	1	
Planejamento	Europa	Alemanha	2	
		Portugal	1	
	Ásia	China	4	
Liderança	Europa	Turquia	2	
	África	África do Sul	1	
Tomada de decisão	América do Norte	Estados Unidos	1	
	Europa	Sérvia	1	
		Eslováquia	1	
Flexibilidade/Adaptabilidade	Europa	Alemanha	1	
Iniciativa/Disposição	África	África do Sul	1	
	Ásia	Índia	1	
Pensamento sistêmico	Ásia	Índia	1	
	Europa	Romênia	1	
Resiliência	Europa	Itália	1	
Resolução de problemas	Europa	Alemanha	1	
		Total de estudos	58	

Fonte: elaborado pelos autores

Nota-se, a partir da Tabela 3, que a maioria dos estudos são de origem europeia (n=39) – cabe dizer que a Alemanha é país que deu origem à Indústria 4.0, portanto, pode-se afirmar que a Europa é o berço da Indústria 4.0 – seguido dos estudos de origem asiática (n=10), e os demais da América do Norte (n=4), América do Sul (n=3) e África (n=3).

De forma complementar, a Figura 1 sintetiza a relação entre países e estudos sobre Indústria 4.0 e Competências Operacionais.

A partir do

Quadro 4 é possível analisar de forma sintética de que forma as competências operacionais têm sido discutidas em cada um dos trabalhos selecionados, uma vez que o quadro apresenta de forma sistematizada a integração entre as competências operacionais e Indústria 4.0.

Quadro 4 - Integração entre Competências Operacionais e Indústria 4.0

COMPETÊNCIAS OPERACIONAIS	AUTORES	INTEGRAÇÃO ENTRE COMPETÊNCIAS OPERACIONAIS E INDÚSTRIA 4.0	ÁREA DE PESQUISA
Flexibilidade/ Adaptabilidade	Long, Zeiler e Bertsche (2018)	Sistemas de produção flexíveis	Engineering; Operations Research & Management Science
Aprendizagem contínua	Lenart-Gansiniec (2019)	Aborda aspectos como: trabalho em equipe, flexibilidade, comunicação, criatividade, competências inovadoras e habilidade para resolução de problemas na Indústria 4.0.	Business & Economics
	Villalba-Diez <i>et al.</i> (2019)	Padrões comportamentais e seus impactos na resolução de problemas.	Chemistry; Engineering; Instruments & Instrumentation
	Soto <i>et al.</i> (2019)	Detecção de falhas em produtos na Indústria 4.0	Computer Science; Engineering; Operations Research & Management Science
	Mogos <i>et al.</i> (2018)	Aprendizagem contínua a partir da Educação 4.0	Technology enhanced learning; Industry 4.0; Education 4.0; Engineering education
	Syam e Sharma (2018)	Aprendizagem contínua e impactos sobre a gestão de vendas	Business & Economics
Iniciativa/Disposição	Luthra e Mangla (2018)	Desafios da implantação da Indústria 4.0	Engineering
	Maasz e Darwish (2018)	Soluções de desafios para fase de planejamento, introdução ou até mesmo maturação de incorporação de características da Indústria 4.0.	Engineering
Resiliência	Martinetti e Van Dongen (2018)	Capacidade de construir sistemas capazes de enfrentar eventos inesperados e aprender com falhas.	Engineering
Liderança	Uys e Webber-Youngman (2019)	Habilidades de um líder na Indústria 4.0: resolução de problemas, pensamento crítico, criatividade, gestão de pessoas, trabalho em equipe, inteligência emocional, tomada de decisão, orientação para o negócio, negociação, inteligência emocional, criatividade e inovação, liderança, adaptabilidade e resolução de problemas.	Metallurgy & Metallurgical Engineering; Mining & Mineral Processing
	Kasapoglu (2018)	Competências essenciais na implantação da Indústria 4.0: criatividade, aprendizado e interação, visão compartilhada e sistêmica, capacidade de trabalho em equipe, inovação e orientação para o mercado.	Business & Economics
	Oberer e Erkollar (2018)	Matriz de liderança 4.0: orientação para pessoas e tecnologia	Business & Economics

Comunicação	Aceto, Persico e Pescape (2019)	Tecnologias de Informação e Comunicação para a Indústria 4.0	Computer Science; Telecommunications
	Jaenicke (2019)	Confidencialidade de dados, monitoramento, protocolos e políticas de segurança entre os pares da empresa.	Automation & Control Systems
	Kunst <i>et al.</i> (2019)	Possíveis melhorias na comunicação de dispositivos nas redes sem fio da Indústria 4.0	Automation & Control Systems; Computer Science; Engineering
	Lucas-Estan <i>et al.</i> (2018)	Comunicação sem fio e gerenciamento de dados	Engineering
	Heynicke <i>et al.</i> (2018)	Comunicação para viabilizar a integração de sistemas na Indústria 4.0	Instruments & Instrumentation
	Lenarcic (2019)	Competências híbridas: combinação entre competências técnicas e comportamentais	Sociology
Pensamento sistêmico	Muhuri, Shukla e Abraham (2019)	Análise bibliométrica da Indústria 4.0	Automation & Control Systems; Computer Science; Engineering
	Nicolae, Korodi e Silea (2019)	Integração de diferentes áreas da empresa	Computer Science; Instruments & Instrumentation; Physics
Planejamento	Tsai, Chu e Lee (2019)	Planejamento e métodos de custeio de produção	Science & Technology - Other Topics; Environmental Sciences & Ecology
	Tsai (2018)	Planejamento e métodos de custeio de produção	Energy & Fuels
	Tsai e Lai (2018)	Planejamento e métodos de custeio de produção	Science & Technology - Other Topics; Environmental Sciences & Ecology
	Legat e Vogel-Heuser (2017)	Planejamento de técnicas para automação	Automation & Control Systems; Computer Science; Engineering
	Leite <i>et al.</i> (2019)	Solução de problemas na cadeia de abastecimento e integração de máquinas	Engineering
	Bendul e Blunck (2019)	Planejamento e controle da produção	Computer Science
Resolução de problemas	Villalba-Diez <i>et al.</i> (2019)	Análise do processo de resolução de problemas na Indústria 4.0 a partir do mapeamento de padrões comportamentais.	Chemistry; Engineering; Instruments & Instrumentation
Tomada de decisão	Medic <i>et al.</i> (2019)	Uso de tecnologias avançadas no contexto da Indústria 4.0.	Engineering; Materials Science
	Simon, Trojanova, Zbihlej e Sarosi (2018)	Gerenciamento da linha de produção	Engineering
	Slon, Pandey e Kassoumeh (2019)	Vantagens da automação viabilizada pelos processos característicos da Indústria 4.0	Transportation

Inovação/ Criatividade	Adamik (2019)	Vantagem competitiva a partir da Indústria 4.0, ênfase em conhecimento, desenvolvimento e aprimoramento de competências, investimento em tecnologia e redes de cooperação.	Business & Economics
	Arbix <i>et al.</i> (2018)	Competitividade e produtividade, inovação, tecnologia, investimento em projetos de impacto social, econômico e tecnológico.	Sociology
	Botha (2019)	Consumidores como fonte e suporte ao processo de inovação de produtos.	Engineering
	Caruso (2018)	Consequências de mudanças sociais a partir da Indústria 4.0: 1. Socialização do processo produtivo; 2. Cooperação entre pares; 3. Participação dos funcionários na tomada de decisão; 4. Autonomia no trabalho.	Computer Science
	Batz <i>et al.</i> (2018)	Formas de viabilização de cultura de inovação em empresas de pequeno e médio portes.	Business & Economics
	Bordeleau <i>et al.</i> (2020)	Inteligência de negócios em médias empresas.	Engineering; Operations Research & Management Science
	Chen (2019)	Criação de valor em pequenas e médias empresas.	Information Science & Library Science
	Lalic <i>et al.</i> (2019)	Utilização de conceitos de inovação na indústria.	Materials Science
	Gerlitz (2016)	Inovação em pequenas e médias empresas.	Business & Economics
	Müller <i>et al.</i> (2018)	Impacto da Indústria 4.0 no modelo de negócios de pequenas e médias empresas.	Business & Economics; Public Administration
	Müller e Däschle (2018)	Solução de inovações de modelos de negócios em pequenas e médias empresas.	Engineering
	Müller (2019)	Inovação em pequenas e médias empresas.	Engineering; Business & Economics
	Pisar & Bilkova (2019)	Competitividade em pequenas e médias empresas.	Business & Economics
	Daemrich (2017)	Necessidade de apoio e investimento para viabilizar novas estruturas organizacionais.	Science & Technology - Other Topics
	Maier <i>et al.</i> (2015)	Indústria 4.0 e cadeias e suprimentos	Computer Science
	Hahn (2020)	Indústria 4.0 e cadeias e suprimentos	Engineering; Operations Research & Management Science
	Laudante (2017)	Ergonomia e Indústria 4.0	Art
Kiel <i>et al.</i> (2017)	Internet das Coisas (IoT) e Tripé da Sustentabilidade	Business & Economics	
Matthyssens (2019)	Iniciativas para geração de valor	Business & Economics	

	Lele e Goswami (2017)	Políticas públicas e Indústria 4.0	Agriculture; Business & Economics
	Morrar <i>et al.</i> (2017)	Aspectos sociais e benefícios econômicos da Indústria 4.0	Business & Economics
	Palazzeschi <i>et al.</i> (2018)	Inovação no comportamento de trabalho	Psychology
	Park (2018)	Impacto da Indústria 4.0 cadeia de produção global e o funcionamento das tecnologias	Computer Science
	Reischauer (2018)	Relação entre Universidades, Empresas e Governos na promoção da Indústria 4.0	Business & Economics; Public Administration
	Rocha <i>et al.</i> (2019)	Indústria 4.0 em <i>startups</i> brasileiras	Business & Economics; Science & Technology - Other Topics
	Ungerma e Dedková (2019)	Indústria 4.0 e Marketing	Chemistry; Engineering; Materials Science; Physics
	Ungerma <i>et al.</i> (2018)	Indústria 4.0 e Marketing	Business & Economics

Fonte: elaborado pelos autores

Destaca-se, a seguir, as principais ideias de alguns dos estudos elencados no Quadro 3.

O estudo de Adamik (2019) teve como objetivo discutir como as empresas podem gerar vantagem competitiva a partir da Indústria 4.0 – ou também denominada pelo autor de revolução digital. O autor alerta para o fato de que as empresas devem se atentar não só a recursos e habilidades, mas também estratégias para competir nesse novo cenário. Como resposta ao objetivo da pesquisa, o estudo aponta que são pré-requisitos: ênfase em conhecimento, desenvolvimento e aprimoramento de competências, investimento em tecnologia e redes de cooperação.

A discussão do trabalho de Botha (2019) está centralizada na “nova realidade” da Quarta Revolução Industrial. De acordo com o autor, essa nova realidade é explicada pelo fato de os consumidores assumirem um papel importante dentro da cadeia de valor, uma vez que é possibilitada a customização e personalização de produtos. Além disso, o autor ressalta o fato de que os consumidores podem servir como fonte e suporte ao processo de inovação de produtos.

Caruso (2018) discute em seu trabalho as mudanças sociais decorrentes da inovação digital e a Quarta Revolução Industrial. A partir de um estudo qualitativo, o autor apresenta quatro elementos resultantes dessas mudanças sociais: 1. Socialização do processo produtivo; 2. Cooperação entre pares; 3. Participação dos funcionários na tomada de decisão; 4. Autonomia no trabalho. O autor apresenta também que, no contexto da Indústria 4.0, ganha espaço o indivíduo que possui elevadas competências técnicas e computacionais, bem como competências relacionais e comunicativas.

O foco do trabalho de Batz *et al.* (2018) foram as pequenas e médias empresas e formas de viabilizar a cultura de inovação em empresas desse porte. Segundo os autores, cabe às empresas explorarem os elementos em torno da Indústria 4.0 com o objetivo de acelerar o processo de inovação, alcançar o dinâmica da indústria além de apoiar a aquisição, assimilação e transformação de conhecimentos internos e externos em inovação.

Já o estudo de Bordeleau *et al.* (2020) teve como foco as médias empresas no cenário da Indústria 4.0. O estudo aponta que as empresas de porte médio é que vão alavancar a inteligência de negócios e que aspectos como liderança, aprendizagem e cultura organizacional são determinantes na Indústria 4.0 e, sobretudo, em médias empresas.

Müller e Däschle (2018) investigaram soluções de inovação de modelos de negócios da Indústria 4.0 em pequenas e médias empresas. Dentre os resultados, os autores apontam que os benefícios percebidos da Indústria 4.0 são, em sua maioria, relacionados à produção e há uma correlação entre análise de falhas e aumento da qualidade nos processos, além disso, custos podem ser reduzidos à medida que operações que não agregam valor sejam também mitigadas.

A partir de um estudo quantitativo, Kiel *et al.* (2017) analisaram o contexto da Indústria 4.0 a partir da ótica da Internet das Coisas (IoT) e suas implicações relativas ao Tripé de Sustentabilidade (do inglês: *Triple Bottom Line*), que contempla aspectos econômicos, sociais e ecológicos. Com um estudo holístico, os autores apresentam três aspectos críticos da Internet das Coisas: a integração técnica, dados e informação, contexto público. Além disso, os autores afirmam que a IoT corresponde a uma forma de criação de valor industrial por se configurar em consonância com o Tripé de Sustentabilidade.

Da mesma maneira, Matthyssens (2019) também contemplou Internet das Coisas (IoT) em seu estudo. A partir de uma revisão de literatura, o autor apresenta os principais motivadores e barreiras e fornece uma visão sobre as capacidades de criar um fluxo de novas iniciativas de geração de valor. O autor destaca as seguintes capacidades para geração de valor: viabilizar recursos para projetar, adaptar e comercializar sistemas de serviços de produtos; combinar estratégia e processos digitais com ofertas de valor; capacidades para projetar e mobilizar ecossistemas e integrá-los em uma plataforma de IoT; capacidades para combinar e integrar abordagens de inovação tecnológica e de valor.

Palazzeschi *et al.* (2018) realizaram uma análise da inovação no cenário da Indústria 4.0. A partir do estudo, os autores reforçam que é necessário não só implementar sistemas tecnológicos, mas também desenvolver inovações comportamentais de trabalho, isso implica em realizar treinamentos específicos aos trabalhadores a fim de desenvolver novas habilidades no trabalho promover competências como flexibilidade, resiliência e reação positiva à mudança.

O artigo de Park (2018) discute como a Quarta Revolução Industrial pode mudar a cadeia de produção global e o funcionamento das tecnologias aplicadas à indústria. Interessante destacar uma das abordagens do estudo que apresenta sobre as dimensões das pessoas no contexto da Indústria 4.0, para isso, o autor se baseou em Staffen e Schoenwald (2016) e apresentou que as lideranças devem assumir papéis flexíveis, deve haver integração entre áreas, a estrutura da organização passa a ser cada vez mais

complexa, o desenvolvimento do trabalho demanda modelos flexíveis e digitais, além disso, as equipes passam a ser mais autônomas e criarem networks para desenvolvimento do trabalho.

Rocha *et al.* (2019) abordaram a temática de inovação e Indústria 4.0 a partir de um estudo de caso em quatro *startups* brasileiras. Os resultados do estudo evidenciaram que o Brasil ainda não possui preparo suficiente para implementar a Indústria 4.0 em larga escala, segundo os autores, isso se deve à falta de incentivos governamentais, falta de recursos financeiros e também aos aspectos culturais e educacionais. Esse fato apresenta um sinal de alerta às empresas brasileiras que possuem a intenção de se manterem competitivas em um mercado global, pois precisam estarem atentas aos desafios e necessidades de adaptações e desenvolvimento de seus processos.

O estudo de Lenart-Gansinieć (2019) objetivou realizar uma análise sistemática da literatura acerca da aprendizagem contínua para implementação da Indústria 4.0. A autora reforça o fato de que as organizações precisam cada vez mais melhorar a eficiência de seus processos a fim de atender à demanda crescente e flexível proveniente do mercado. Sob a perspectiva da aprendizagem contínua, o estudo evidencia aspectos como pilares para a aprendizagem organizacional na Indústria 4.0: trabalho em equipe, flexibilidade, comunicação, criatividade, competências inovadoras e habilidade para resolução de problemas.

O estudo de Syam e Sharma (2018) concentrou-se em analisar a aprendizagem contínua e impactos sobre a gestão de vendas a partir de um estudo quantitativo. Como resultado, o estudo identificou a tecnologia 4.0 como papel facilitador e de apoio para vendas mais eficientes no que se refere à compreensão do comportamento do cliente e entrega de ofertas mais personalizadas.

De forma adicional, Jänicke (2019) afirma que a comunicação na Indústria 4.0 promove o conceito de sistemas dentro de uma empresa a fim de se comunicar com sistemas externos em outras empresas ou serviços em nuvem. Além disso, o autor trata de pontos cruciais na comunicação na Indústria 4.0 que são: confidencialidade de dados, monitoramento, protocolos e políticas de segurança entre os pares da empresa.

Sob uma visão mais específica a respeito da comunicação para viabilizar a integração de sistemas, Heynicke *et al.* (2018) ratificam que a comunicação desempenha um papel vital para realizar as diversas melhorias potenciais no processo de produção da Indústria 4.0. Os autores apresentam também uma alternativa de sistema capaz de

suportar de maneira sustentável um avançado sistema de comunicação para demandas da Indústria 4.0.

A partir de uma ótica mais ampla acerca da competência de comunicação, Lenarčič (2019) conduziu estudos de caso em empresas da Eslovênia e apresenta a comunicação como uma das essenciais e força motriz da Indústria 4.0. Ademais, o autor aponta que as competências dos trabalhadores estão migrando de somente técnicas para o que chama de híbridas – a combinação de competências técnicas e comportamentais (do inglês: *hard skills* e *soft skills*) – e que há falta de mão-de-obra com as competências necessárias à Indústria 4.0, como solução, Lenarčič (2019) aponta que cabe a empresa ensinar e desenvolver.

Já o estudo de Legat e Vogel-Heuser (2017) apresenta uma discussão acerca da Indústria 4.0 e planejamento de técnicas para automação de máquinas e fábricas. Os autores afirmam que há a necessidade de utilizar *softwares* de automação no contexto da Indústria 4.0, uma vez que possui um papel dominante no fortalecimento da flexibilidade geral dos recursos de manufatura.

O estudo quantitativo de Leite *et al.* (2019) tratou do planejamento e programação na Indústria 4.0 realizando comparações com outras abordagens a fim de solucionar problemas na cadeia de abastecimento de empresas e possibilitar a integração de máquinas, buscando soluções rápidas, globalmente otimizadas e flexíveis. De forma equivalente, Bendul e Blunck (2019) abordaram em seu estudo qualitativo aspectos relacionados ao planejamento e controle da produção associados à Indústria 4.0.

O estudo de Uys e Webber-Youngman (2019) levanta uma questão importante no cenário da Indústria 4.0: como gerenciar e liderar operações de maneira sustentável para lidar com as circunstâncias da Quarta Revolução Industrial? Para responder à esse questionamento, os autores realizaram uma revisão bibliográfica acerca das teorias de liderança e apontaram habilidades inerentes a um líder na Indústria 4.0 (GRAY, 2016; MAAKE, 2017 *apud* UYS; WEBBER-YOUNGMAN, 2019): resolução de problemas, pensamento crítico, criatividade, gestão de pessoas, trabalho em equipe, inteligência emocional, tomada de decisão, orientação para o negócio, negociação, inteligência emocional, criatividade e inovação, liderança, adaptabilidade e resolução de problemas.

Analogicamente, Kasapoglu (2018) discute a temática de liderança em relação a organizações que estão no processo de incorporação de características da Indústria 4.0 a partir de um estudo quantitativo com 90 participantes. Uma das contribuições do estudo Kasapoglu (2018) é que empresas que estejam incorporando atributos da Indústria 4.0

precisam promover a criatividade, aprendizado e interação, visão compartilhada e sistêmica, capacidade de trabalho em equipe, inovação e orientação para o mercado.

De forma similar, OBERer e Erkollar (2018) propuseram uma matriz de Liderança 4.0 que tem como eixos norteadores a preocupação com a tecnologia (eixo X) e a preocupação com as pessoas (eixo Y). Como resultado dessa matriz, os autores afirmam que a jornada rumo à Indústria 4.0 é um processo evolutivo e que não há um melhor estilo de liderança aplicável a todas as situações. No entanto, a preocupação da liderança deve estar centrada em promover respostas rápidas, orientadas para equipes e cooperativas e com forte foco em inovação.

Medic *et al.* (2019) realizaram um estudo quantitativo com o objetivo de avaliar o uso de tecnologias avançadas no contexto da Indústria 4.0. Os autores analisaram a competência de tomada de decisão a partir da implementação de tecnologias e os benefícios decorrentes. Os resultados apontaram que planejamento e programação da produção, a troca de dados com fornecedores e clientes e o sistema de controle de produção desempenham papel vital para a organização no contexto da Indústria 4.0.

A competência de flexibilidade/adaptabilidade é discutida no estudo quantitativo de Long, Zeiler e Bertsche (2018) que afirmam que a Indústria 4.0 possibilita a realização de uma produção cada vez mais flexível e eficiente a partir da modelagem dos sistemas de produção e que eventuais problemas podem ser tratados em tempo hábil. Os autores afirmam que a flexibilidade/ adaptabilidade têm impacto relevante na produção, no entanto, ainda são desafiadores. A discussão proposta pelos autores é relacionada à flexibilidade em sistemas de produção, que segundo eles, é crucial para sobrevivência no cenário de competição global.

Acerca das competências de Iniciativa/Disposição, Luthra e Mangla (2018), a partir de uma *survey*, identificaram os 18 desafios de uma indústria de manufatura da Índia na implantação da Indústria 4.0. A partir da pesquisa conduzida por Luthra e Mangla (2018), foram identificados os seguintes desafios: 1. Pouco entendimento sobre as implicações da Indústria 4.0; 2. Poucos estudos e desenvolvimento sobre a Indústria 4.0; 3. Questões legais; 4. Falta de visão estratégica das operações da empresa; 5. Pouco suporte da gestão; 6. Complexidade dos desafios; 7. Falta da “cultura digital”; 8. Comportamento complacente diante da Indústria 4.0; 9. Benefícios econômicos pouco claros; 10. Falta de padrões e protocolos; 11. Falta de infraestrutura digital; 12. Falta de competências aplicada aos novos modelos de negócios; 13. Falta de dados de qualidade; 14. Falta de integração das tecnologias; 15. Problemas de coordenação e colaboração; 16.

Problemas de segurança; 17. Falta de suporte do governo e políticas públicas; 18. Restrições financeiras.

Os desafios apontados por Luthra e Mangla (2018) contribuem com o meio acadêmico e viabilizam às empresas a erradicação de eventuais desafios que possam surgir em organizações que estão em fase de planejamento, introdução ou até mesmo maturação de incorporação de características da Indústria 4.0. Ademais, o estudo de Luthra e Mangla (2018) está totalmente alinhado ao presente artigo, dentre outros fatores, em razão do desafio da “falta de competências aplicada aos novos modelos de negócios” – que é objeto de estudo deste estudo.

Considerações finais

Considera-se que o objetivo do estudo foi alcançado – analisar a integração entre Competências Operacionais e Indústria 4.0 a partir de uma revisão sistemática da literatura. Os resultados obtidos apontaram que os estudos têm abordado aspectos intimamente relacionados às competências operacionais consideradas por este estudo: Flexibilidade/Adaptabilidade; Aprendizagem contínua; Iniciativa/Disposição; Resiliência; Liderança; Comunicação; Pensamento sistêmico; Planejamento; Resolução de problemas; Tomada de decisão; Inovação/Criatividade.

A competência mais prolífica foi de Inovação/Criatividade com estudos relacionados aos benefícios, impactos e políticas públicas para implantação da Indústria 4.0, bem como vantagem competitiva, inteligência de negócio e criação de valor para as empresas. No que se refere à Liderança, os estudos estão voltados ao entendimento de uma liderança efetiva no cenário 4.0. Já os estudos das competências de Planejamento Tomada de decisão, nota-se que a maioria dos estudos estão associados aos métodos de custeio de produção e planejamento, controle e gerenciamento da linha de produção.

As competências de Aprendizagem Contínua e Comunicação estão interligadas pela temática dos trabalhos, cuja abordagem é a melhoria contínua de processos relacionados à Indústria 4.0. Adicionalmente, as competências Flexibilidade/Adaptabilidade, Iniciativa/Disposição, Resiliência, Pensamento sistêmico, Resolução de problemas e tratam de elementos comuns ao ambiente organizacional 4.0.

Portanto, diante do evidente e exponencial interesse acerca da Indústria 4.0, considera-se que este estudo tenha contribuído para os meios acadêmico e gerencial, uma vez que novos estudos podem ser realizados, assim como novas perspectivas, aplicações

e aprofundamentos na temática podem ser exploradas. Sendo assim, para estudos futuros, sugere-se estudos qualitativos e/ou quantitativos visando proporcionar o entendimento da aplicação das Competências Operacionais em organizações que estão em fase de planejamento, implementação ou maturação da Indústria 4.0.

Referências

ACETO, Giuseppe; PERSICO, Valerio; PESCAPÉ, Antonio. A Survey on Information and Communication Technologies for Industry 4.0: State-of-the-Art, Taxonomies, Perspectives, and Challenges. **IEEE Communications Surveys and Tutorials**, v. 21, n. 4, p. 3467–3501, 2019.

ADAMIK, Anna. Creating a Competitive Advantage in the Age of Industry 4.0. **Problemy Zarzadzania**, v. 2/2019, n. 82, p. 13–31, 2019.

ARBIX, Glauco *et al.* Made in China 2025 and Industrie 4.0: The difficult Chinese transition from catching up to an economy driven by innovation. **Tempo Social**, v. 30, n. 3, p. 143–170, 2018.

BATZ, Aglaya; KUNATH, Martin; WINKLER, Herwig. **LogForum**. v. 14, n. 3, p. 387–405, 2018.

BENDUL, Julia C.; BLUNCK, Henning. The design space of production planning and control for industry 4.0. **Computers in Industry**, v. 105, p. 260-272, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.10.010>.

BORDELEAU, Fanny Eve; MOSCONI, Elaine; DE SANTA-EULALIA, Luis Antonio. Business intelligence and analytics value creation in Industry 4.0: a multiple case study in manufacturing medium enterprises. **Production Planning and Control**, v. 31, n. 2-3, p. 173-185, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1631458>.

BOTHA, A. P. Innovating for market adoption in the fourth industrial revolution. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 30, n. 3, p. 187-198, 2019.

CARMEN LUCAS-ESTAN, M. *et al.* Emerging trends in hybrid wireless communication and data management for the industry 4.0. **Electronics (Switzerland)**, v. 7, n. 12, 2018.

CARUSO, Loris. Digital innovation and the fourth industrial revolution: epochal social changes? **AI and Society**, v. 33, n. 3, p. 379-392, 2018.

CHEN, Chun Liang. Value Creation by SMEs Participating in Global Value Chains under Industry 4.0 Trend: Case Study of Textile Industry in Taiwan. **Journal of Global Information Technology Management**, v. 22, n. 2, p. 120-145, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1097198X.2019.1603512>.

DAEMMRICH, Arthur. Invention, Innovation Systems, and the Fourth Industrial Revolution. **Technology & Innovation**, v. 18, n. 4, p. 257-265, 2017.

- DALENOGARE, Lucas Santos *et al.* The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. **International Journal of Production Economics**, v. 204, n. July, p. 383–394, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>.
- DUTRA, J. S. **Competências: conceitos, instrumentos e experiências**. São Paulo, Atlas, 2017.
- DUTRA, J. S.; COMINI, G. M.- Competência como base para a gestão estratégica de pessoas (Capítulo 5) *In: AMORIM, W. A.C.; FISCHER, A.L.; EBOLI, M.; MORAES, F.C.C. Educação corporativa: Fundamentos, Evolução e Implantação de Projetos*. São Paulo: Atlas, 2010.
- FISCHER, A. L.; DUTRA, J. S.; NAKATA, L. E.; RUAS, R. Absorção do conceito de competência em gestão de pessoas: a percepção dos profissionais e as orientações adotadas pelas empresas. *In: DUTRA, J. S.; FLEURY, M. T. L.; RUAS, R. L.* (Orgs.). **Competências: conceitos, métodos e experiências**. São Paulo: Atlas, 2013.
- FLEURY, Maria Tereza Leme; FLEURY, Afonso. Construindo o conceito de competência. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 5, p. 183-196, 2001.
- FRANK, Alejandro; DALENOGARE, Lucas; AYALA, Néstor. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal of Production Economics**, v. 210, n. September 2018, p. 15-26, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>.
- GERLITZ, Laima. International Centre for Entrepreneurship Research. **Entrepreneurship And Sustainability Issues**, v. 4, n. 2, p. 220–227, 2016.
- HAHN, Gerd J. Industry 4.0: a supply chain innovation perspective. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 5, p. 1425–1441, 2020. Disponível em: <https://doi.org/00207543.2019.1641642>.
- HEYNICKE, Ralf *et al.* IO-Link Wireless enhanced factory automation communication for Industry 4.0 applications. **Journal of Sensors and Sensor Systems**, v. 7, n. 1, p. 131-142, 2018.
- JÄNICKE, Lutz. Secure communication for Industrie 4.0: A multi-stakeholder problem. **At-Automatisierungstechnik**, v. 67, n. 5, p. 364–371, 2019.
- KAGERMANN, H.; HELBIG, J.; HELLINGER, A.; WAHLSTER, W. (2013). **Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0: Securing the Future of German Manufacturing Industry; Final Report of the Industrie 4.0 Working Group**, *Forschungsunion*, 2013. Disponível em: https://en.acatech.de/wp-content/uploads/sites/6/2018/03/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf. Acesso em: 10 abr. 2021.
- KASAPOGLU, Özlem. Leadership and Organization for the Companies in the Process of Industry 4.0 Transformation. **International Journal of Organizational Leadership**,

v. 7, n. 3, p. 300-308, 2018.

KAZANCOGLU, Yigit; OZKAN-OZEN, Yesim Deniz. Analyzing Workforce 4.0 in the Fourth Industrial Revolution and proposing a road map from operations management perspective with fuzzy DEMATEL. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 31, n. 6, p. 891-907, 2018.

KIEL, Daniel *et al.* **Sustainable industrial value creation**: Benefits and challenges of industry 4.0. [S.l: s.n.], 2017. v. 21.

KUNST, Rafael *et al.* Improving devices communication in Industry 4.0 wireless networks. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 83, n. May, p. 1-12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.04.014>.

LALIC, Bojan; RAKIC, Slavko; MARJANOVIC, Ugljesa. Use of industry 4.0 and organisational innovation concepts in the Serbian textile and apparel industry. **Fibres and Textiles in Eastern Europe**, v. 27, n. 3, p. 10–18, 2019.

LAUDANTE, Elena. Industry 4.0, Innovation and Design. A new approach for ergonomic analysis in manufacturing system. **Design Journal**, v. 20, n. sup1, p. S2724–S2734, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352784>.

LE BOTERF, G. De la compétence - essai sur un attracteur étrange. *In: Les éditions d'organisations*. Paris: Quatrième Tirage, 1995.

LEGAT, Christoph; VOGEL-HEUSER, Birgit. A configurable partial-order planning approach for field level operation strategies of PLC-based industry 4.0 automated manufacturing systems. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 66, n. May, p. 128-144, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.engappai.2017.06.014>.

LEITE, Mário; PINTO, Telmo; ALVES, Cláudio. A real-time optimization algorithm for the integrated planning and scheduling problem towards the context of industry 4.0. **FME Transactions**, v. 47, n. 4, p. 775-781, 2019.

LELE, Uma; GOSWAMI, Sambuddha. The fourth industrial revolution, agricultural and rural innovation, and implications for public policy and investments: a case of India. **Agricultural Economics (United Kingdom)**, v. 48, n. February, p. 87-100, 2017.

LENARČIČ, B. Rethinking competencies of the european information-communication sector`s workforce in the context of industry 4.0: The case of Slovenia [Preispitivanje kompetencija radne snage u okviru evropskog informaciono-komunikacionog sektora u kontekstu industrij. **Sociologija**, v. 61, n. 4, p. 585–598, 2019. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85078853026&doi=10.2298%2FSOC1904585L&partnerID=40&md5=4af434b928a5624f254a47c78f85cf6d>.

LENART-GANSINIEC, Regina. Organizational Learning in Industry 4.0. **Problemy Zarzadzania**, v. 2/2019, n. 82, p. 96-108, 2019.

LEYDESDORFF, Loet; ETZKOWITZ, Henry. Emergence of a Triple Helix of university-industry-government relations. **Science and Public Policy**, v. 23, n. 5, p. 279-286, 1996.

LIAO, Yongxin *et al.* Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 12, p. 3609-3629, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>.

LIAO, Y., DESCHAMPS, F., LOURES, E. D. F. R. and Ramos, L. F. P. Past, present and future of Industry 4.0-A systematic literature review and research agenda proposal. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 12, p. 3609-3629, 2017.

LONG, Fei; ZEILER, Peter; BERTSCHE, Bernd. Realistic modelling of flexibility and dependence in production systems in Industry 4.0 for analysing their productivity and availability. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability**, v. 232, n. 2, p. 174-184, 2018.

LUTHRA, Sunil; MANGLA, Sachin Kumar. Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 117, p. 168-179, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.04.018>.

MAASZ, G. J.; DARWISH, H. Towards an initiative-based industry 4.0 maturity improvement process: Master drilling as a case study. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 29, n. 3, p. 92-107, 2018.

MAIER, Maximilian A.; KORBEL, Jakob J.; BREM, Alexander. Innovation in supply chains - Solving the agency dilemma in supply networks by using industry 4.0 technologies. **International Journal of Communication Networks and Distributed Systems**, v. 15, n. 2-3, p. 235-247, 2015.

MARTINETTI, Alberto; DONGEN, Leo A.M. Evolution of safety in industry 4.0: future opportunities adopting resilience and antifragility engineering and virtual and augmented reality. **Geoingegneria Ambientale e Mineraria**, v. 2, p. 27-31, 2018.

MATTHYSSENS, Paul. Reconceptualizing value innovation for Industry 4.0 and the Industrial Internet of Things. **Journal of Business and Industrial Marketing**, v. 34, n. 6, p. 1203-1209, 2019.

MEDIC, N. *et al.* Hybrid fuzzy multi attribute decision making model for evaluation of advanced digital technologies in manufacturing : Industry 4 . 0 perspective. **Advances in Production Engineering & Management**, v. 14, n. 4, p. 483-493, 2019.

MOEUF, Alexandre *et al.* The industrial management of SMEs in the era of Industry 4 . 0. **International Journal of Production Research**, Ver p. 4, 9, 11 e 12, v. 7543, n. September, p. 0, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>.

MOGOS, Radu Ioan *et al.* Technology Enhanced Learning for Industry 4.0 Engineering Education. **Revue Roumaine des Sciences Techniques Serie Electrotechnique et**

Energetique, v. 63, n. 4, p. 429-435, 2018.

MORIN, E. **Introdução ao Pensamento Complexo**. 5. ed. Lisboa: Instituto Piaget, 2008.

MORRAR, Rabeh; ARMAN, Husam; MOUSA, Saeed. the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0) a Social Innovation Perspective. **Technology Innovation Management Review**, v. 7, n. 23, p. 12-21, 2017.

MUHURI, Pranab K.; SHUKLA, Amit K.; ABRAHAM, Ajith. Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 78, n. December 2018, p. 218–235, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2018.11.007>.

MÜLLER, Julian Marius. Business model innovation in small- and medium-sized enterprises: Strategies for industry 4.0 providers and users. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 30, n. 8, p. 1127-1142, 2019.

MÜLLER, Julian Marius; BULIGA, Oana; VOIGT, Kai Ingo. Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 132, n. September 2017, p. 2-17, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.019>.

MÜLLER, Julian Marius; DÄSCHLE, Simon. Business model innovation of industry 4.0 solution providers towards customer process innovation. **Processes**, v. 6, n. 12, p. 1-19, 2018.

NICOLAE, Andrei; KORODI, Adrian; SILEA, Ioan. An overview of industry 4.0 development directions in the industrial internet of things context. **Romanian Journal of Information Science and Technology**, v. 22, n. 3-4, p. 183-201, 2019.

OBERER, Birgit; ERKOLLAR, Alptekin. Leadership 4.0: Digital Leaders in the Age of Industry 4.0. **International Journal of Organizational Leadership**, v. 7, n. 4, p. 404-412, 2018.

PALAZZESCHI, Letizia; BUCCI, Ornella; DI FABIO, Annamaria. Re-thinking innovation in organizations in the industry 4.0 scenario: New challenges in a primary prevention perspective. **Frontiers in Psychology**, v. 9, n. JAN, p. 1-6, 2018.

PARK, Sang Chul. The Fourth Industrial Revolution and implications for innovative cluster policies. **AI and Society**, v. 33, n. 3, p. 433–445, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s00146-017-0777-5>.

PICCAROZZI, Michela; AQUILANI, Barbara; GATTI, Corrado. Industry 4.0 in management studies: A systematic literature review. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 10, p. 1-24, 2018.

PISAR, Premysl; BILKOVA, Diana. Controlling as a tool for SME management with an emphasis on innovations in the context of Industry 4.0. p. 763-785, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.24136/eq.2019.035>.

REISCHAUER, Georg. Industry 4.0 as policy-driven discourse to institutionalize innovation systems in manufacturing. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 132, n. December 2017, p. 26-33, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.02.012>.

ROCHA, Clarissa Figueredo; MAMÉDIO, Diórgenes Falcão; QUANDT, Carlos Olavo. Startups and the innovation ecosystem in Industry 4.0. **Technology Analysis and Strategic Management**, v. 31, n. 12, p. 1474-1487, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09537325.2019.1628938>.

RUAS, Roberto. **Gestão por competências: uma contribuição à perspectiva estratégica da gestão de pessoas**. 2003, [S.l: s.n.], 2003.

SIMON, Janos *et al.* Mass customization model in food industry using industry 4.0 standard with fuzzy-based multi-criteria decision making methodology. **Advances in Mechanical Engineering**, v. 10, n. 3, p. 1-10, 2018.

SLON, Christopher; PANDEY, Vijitashwa; KASSOUMEH, Sam. Mixture Distributions in Autonomous Decision-Making for Industry 4.0. **SAE International Journal of Materials and Manufacturing**, v. 12, n. 2, p. 135-147, 2019.

SOTO, J. A.; TAVAKOLIZADEH, F.; GYULAI, D. An online machine learning framework for early detection of product failures in an Industry 4.0 context. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 32, n. 4-5, p. 452-465, 2019.

SOUZA, Marina Teixeira; SANTOS, Fernando César Almada. Competências Operacionais e Industria 4.0: Revisão Sistemática da Literatura. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies**, v. 12, n. 2, p. 264-288, 2020.

SYAM, Niladri; SHARMA, Arun. Waiting for a sales renaissance in the fourth industrial revolution: Machine learning and artificial intelligence in sales research and practice. **Industrial Marketing Management**, v. 69, n. December, p. 135-146, 2018.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **Supply Chain Forum**, v. 14, n. 2, p. 207-222, 2003.

TSAI, Wen Hsien. Green production planning and control for the textile industry by using mathematical programming and industry 4.0 techniques. **Energies**, v. 11, n. 8, 2018.

TSAI, Wen Hsien; CHU, Po Yuan; LEE, Hsiu Li. Green activity-based costing production planning and scenario analysis for the Aluminum-Alloy Wheel industry under Industry 4.0. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 3, 2019.

TSAI, Wen Hsien; LAI, Shang Yu. Green production planning and control model with ABC under industry 4.0 for the paper industry. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 8, 2018.

TSAI, Wen Hsien; LU, Yin Hwa. A framework of production planning and control with carbon tax under industry 4.0. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 9, 2018.

UNGERMAN, Otakar; DĚDKOVÁ, Jaroslava. Marketing innovations in Industry 4.0 and their impacts on current enterprises. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 9, n. 18, 2019.

UNGERMAN, Otakar; DEDKOVA, Jaroslava; GURINOVA, Katerina. the Impact of Marketing Innovation on the Competitiveness of Enterprises in the Context of Industry 4.0. **Journal of Competitiveness**, v. 10, n. 2, p. 132-148, 2018.

UYS, J.; WEBBER-YOUNGMAN, R. A 4.0D leadership model postulation for the Fourth Industrial Revolution relating to the South African mining industry. **Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy**, v. 119, n. 10, p. 793-800, 2019.

VILLALBA-DIEZ, Javier *et al.* Characterization of industry 4.0 lean management problem-solving behavioral patterns using EEG sensors and deep learning. **Sensors (Switzerland)**, v. 19, n. 13, 2019.

XU, Li Da; XU, Eric L; LI, Ling. Industry 4.0 : state of the art and future trends. v. 7543, 2018.

YIN, Yong; STECKE, Kathryn E.; LI, Dongni. The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 1–2, p. 848–861, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1403664>.

ZARIFIAN, P. **Objetivo competência**: por uma nova lógica. São Paulo: Atlas, 2001.