



PROJETO DE GRADUAÇÃO

O desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil e na República Popular da China e suas principais contribuições aos ODS da ONU – Perspectiva Indústria.

Por,
Felipe Betoni Olchenski

Brasília, 05 de Julho de 2019

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

PROJETO DE GRADUAÇÃO

O desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil e na República Popular da China e suas principais contribuições aos ODS da ONU – Perspectiva Indústria.

Por,

Felipe Betoni Olchenski

Relatório submetido ao curso de graduação em Engenharia de Produção da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção

Professor orientador: João Mello da Silva

Data da aprovação: __/__/__

Orientador: João Mello da Silva, Universidade de Brasília/ EPR

Examinador: Ari Melo Mariano, Universidade de Brasília/ EPR

Examinador: Steven Shen Jianfeng, Beijing Jiaotong University

Brasília, 05 de Julho de 2019

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus pais por terem dedicado suas vidas à minha criação e de minha irmã, e terem feito isso da melhor maneira possível e com muito amor. Gostaria muito de agradecer à minha irmã por ter sempre sido o meu maior exemplo e fonte de carinho e amor infinito. Gostaria de agradecer também à minha namorada Isabel pelo amor e companheirismo. E também ao meu amigo Artur, e à minha amiga Clarice. Agradeço também ao Professor João Mello pela confiança neste trabalho.

RESUMO

Como um motor para o avanço de sistemas industriais de produção e a convergência de tecnologias digitais, a aplicação efetiva do conjunto de inovações tecnológicas atreladas ao conceito de Indústria 4.0 representa atualmente uma grande oportunidade para países em desenvolvimento como o Brasil e a China. Através de um conjunto de análises quantitativas e qualitativas baseadas no modelo hélice tríplice de inovação e empreendedorismo (indústria-governo-academia), este projeto busca compreender como o fenômeno da Indústria 4.0 está se desenvolvendo nos dois países, e como este crescimento a partir destas três esferas institucionais está contribuindo para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas.

Palavras-chave: Indústria 4.0. TEMAC. ODS. Brasil. República Popular da China.

ABSTRACT

As an engine for the advancement of industrial production systems and the convergence of digital technologies, the effective application from the set of technological innovations tied to the concept of Industry 4.0 represents today a great opportunity for developing countries such as Brazil and China. Through a set of quantitative and qualitative analyzes based on the triple helix model of innovation and entrepreneurship (industry-government-academia), this project seeks to understand how the phenomenon of Industry 4.0 is developing in both countries, and how the growth from these three institutional spheres is contributing to the achievement of the United Nations Sustainable Development Goals.

Keywords: Industry 4.0. TEMAC. SDG. Brazil. People's Republic of China.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Despesa Doméstica Bruta no Brasil em P&D por setor (2004-2012)	18
Figura 2 – Exemplos de interdependências em uma cadeia de suprimentos no contexto da Indústria 4.0	23
Figura 3 – Estrutura e Divisão do Projeto	31
Figura 4 – Fluxograma Operacional	33
Figura 5 – Divisão das Plataformas	43
Figura 6 – Número de publicações no GS por idioma	44
Figura 7 – Número de artigos dos principais academic publisher em português, chinês e em qualquer idioma	45
Figura 8 – Número de artigos de todo o mundo no WoS	46
Figura 9 – Número de publicações no WoS por tipo de publicação	46
Figura 10 – Número de artigos do Brasil no WoS	47
Figura 11 – Número de publicações sobre indústria 4.0 no WoS por idioma	47
Figura 12 – Número de publicações no CNKI por tipo de publicação	48
Figura 13 – Evolução do tema ano-a-ano pelo número de artigos publicados em cada plataforma	50
Figura 14 – Número de publicação dos principais autores na área em cada país	52
Figura 15 – Número de publicações por país no WoS	53
Figura 16 – Número de citações dos principais artigos em português, chinês e em inglês	59
Figura 17 – Número de artigos brasileiros e chineses publicados nas principais revistas	60
Figura 18 – Organizadores de Conferências com o maior número de publicações sobre o tema	61
Figura 19 – Instituições que mais publicam sobre Indústria 4.0 no Brasil, na China e no Mundo	62
Figura 20 – Principais Áreas de Conhecimentos de Artigos no WoS em proporção do total de artigos publicados em cada Região	66
Figura 21 – Principais Áreas de Conhecimentos de Artigos Chineses no WoS e CNKI, número de artigos publicados em cada plataforma	66

Figura 22 – Nuvem de palavras-chave dos artigos do WoS	67
Figura 23 – Rede de palavras-chave dos artigos do CNKI	67
Figura 24 – Co-citation e bibliographic coupling	68
Figura 25 – Mapa de calor da análise de co-citation.....	69
Figura 26 – Mapa de calor da análise de <i>bibliographic coupling</i>	72
Figura 28 – Ciclos Eficiência, Eficácia e Efetividade.....	91
Figura 29 – Estratégia da Shenyang Co. para a indústria 4.0	95
Figura 30 – Organização da rede desenvolvida (Caso Chenhan)	96
Figura 31 – Equipamentos Morninghan montados na rede de energia (Caso Chenhan)	96
Figura 32 – Terminal inteligente da oficina de Ningxia Little Giant Machine Tool Co. Ltd.	97
Figura 33 – Visão geral do projeto (Caso INESA and Fujitsu)	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Critérios de exclusão e inclusão de artigos.....	36
Quadro 2 – Comparação entre as funcionalidades das bases de dados.....	49
Quadro 3 – Os 10 artigos mais citados em qualquer idioma no GS e sua comparação com o WoS.....	54
Quadro 4 – Os 10 artigos em Chinês mais citados no GS e sua comparação com o CNKI.....	56
Quadro 5 – Os 10 artigos em língua portuguesa mais citados em qualquer idioma no GS.....	57
Quadro 6 – Número de Publicações das Principais Universidades da China (Cluster 4).....	64
Quadro 7 – Principais agências financiadoras em geral segundo o WoS, número de publicação em cada plataforma.....	64
Quadro 8 – Número de publicações das principais agências financiadoras no Brasil segundo o WoS.....	65
Quadro 9 – Lista dos 50 artigos mais citados no WOS.....	74
Quadro 10 – Lista dos 50 artigos mais citados no CNKI.....	76
Quadro 11 – Critérios para exclusão de artigos.....	78
Quadro 12 – Exclusão de artigos e identificação de iniciativas.....	79
Quadro 13 – Critérios para inclusão de outros materiais.....	85
Quadro 14 – Materiais incluídos para análise.....	85
Quadro 15 – Análise de princípios de design da indústria 4.0.....	90
Quadro 16 – Análise de princípios de design da indústria 4.0.....	101
Quadro 18 – Avaliação do impacto do desenvolvimento da I4.0 nas metas dos ODS 8 e 9.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de temáticas dos artigos da indústria 4.0	84
--	----

LISTA DE SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
AR	Augmented Reality
BRAGECRIM	Iniciativa Brasil-Alemanha para Pesquisa Colaborativa em Tecnologia de Manufatura
CAS	Chinese Academy of Science
CIRP	Collège International pour la Recherche en Productique
CNKI	China National Knowledge Infrastructure
CPPS	Cyber-physical production systems
CPS	Cyber-physical system
EBTD	Estratégia Brasileira para a Transformação Digital
ERDF	European Regional Development Fund
FAIM	Flexible Automation and Intelligent Manufacturing
GS	Google Scholar
I4.0	Indústria 4.0
IA	Inteligência Artificial
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IFAC	International Federation of Automatic Control
IJPR	International Journal of Production Research
INESA	Instruments and Electronics Shanghai Associates
IoS	Internet of Services
iOS	iPhone Operating System
IoT	Internet of Things
JCR	Journal Citation Reports
M2M	Machine to Machine
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MD	Ministério da Defesa
ME	Ministério da Economia
MiC	Made in China
MIIT	Ministry of Industry and Information Technology (RPC)
MR	Mixed Reality

OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODM	Objetivos do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PC	Personal Computer
PME	Pequena e Média Empresa
PoP	Publish or Perish
ProFuturo	Produção do Futuro
PUC-PR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
RPC	República Popular da China
SCUT	South China University of Technology
SDG	Sustainable Development Goals
TEDA	Tianjin Economic-Technological Development Area
TU	Technische Universität
TUD	Technische Universität Darmstadt
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNIMEP	Universidade Metodista de Piracicaba
USP	Universidade de São Paulo
USP	Universidade de São Paulo
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WEF	World Economic Forum
WoS	Web of Science

SUMÁRIO

1	Introdução	11
1.1	O Surgimento e a Evolução da Indústria 4.0	11
1.2	Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas	
	14	
1.3	O Desenvolvimento Tecnológico Chinês e Brasileiro	18
1.4	Questão de Pesquisa.....	19
1.5	Objetivos.....	19
2	Revisão Bibliográfica.....	21
2.1	Produção acadêmica referente a Indústria 4.0.....	21
2.2	Artigos mais relevantes.....	29
3	Metodologia.....	30
3.1	Revisão Sistemática da Literatura.....	33
	TEMAC (Etapa 1)	33
	Filtragem dos Artigos e Seleção de Estudos de Caso (Etapa 2) ...	35
3.2	Revisão de Literatura Qualitativa (Etapa 3)	36
3.3	Conclusão.....	37
4	Pesquisa Bibliométrica.....	38
4.1	Preparação e Processo de Pesquisa.....	38
	Preparação da Pesquisa	38
	Escolha das Plataformas.....	39
	Processo de Pesquisa.....	43
	Semelhanças e Diferenças das Plataforma.....	48
4.2	Apresentação e Inter-relação de Dados.....	49
	Evolução Histórica.....	49
	Principais Autores	51
	Países Publicantes	52
	Principais Artigos.....	53
	Revistas Científicas.....	59
	Principais Conferências.....	61
	Principais Organizações.....	62

Agências Financiadoras	64
Áreas de Conhecimento	65
Análise de palavras-chave	67
4.3 Detalhamento, modelo integrador e validação por evidências	68
Análise de <i>co-citation</i>	69
Análise de <i>bibliographic coupling</i>	71
5 Seleção e Filtragem de Material	74
5.1 Exclusão de artigos e identificação de iniciativas	78
5.2 Inclusão de outros materiais	85
6 Análise Qualitativa da Hélice Tríplice	87
6.1 Brasil	87
Indústria.....	87
□ Smart Retrofitting em uma fábrica da Thyssenkrupp no Brasil (GUERREIRO et al., 2018)	88
□ Olho Vivo SPTrans - Solução Fiware (MARQUESONE et al., 2017)	88
□ Tetrapak Hololens (ESTADÃO, 2019)	89
□ WEG Motorscan/ IoT platform (WEG, 2019)	89
□ Solução Bosch Indústria 4.0 (BOSCH, 2018)	89
Academia	91
6.2 China	94
Indústria.....	94
□ 浓阳机床团队 5D 智造谷 Shenyang Machine Tool Co. Smart Manufacturing Valley (张曙, 2014)	94
□ 辰汉电子与国内某电力企业联合研发 Aliança entre Chenhan Electronics e Empresa Estatal de Energia para P&D (Wang Xiwen 王喜文, 2013).....	95
□ 宁夏小巨人机床公司 Ningxia Little Giant Machine Tool Co. Ltd. Smart Manufacturing (张曙, 2014)	97
□ INESA and Fujitsu Intelligent Dashboard (FUJITSU, 2016)..	97
□ TEDA Intelligent Industrial Zone	98

□ Sino-german Industrial Manufacturing Park (CGIP, 2017)....	99
□ Bosch Rexroth Chengdu i4.0 Innovation Center (BOSCH, 2017)	99
Academia	101
6.3 Sustentabilidade	102
7 Conclusão.....	111
Referências Bibliográficas	113

1 Introdução

Anos antes de ingressar no Ministério das Relações Exteriores em 1984, Roberto Carvalho de Azevêdo concluía sua graduação no curso de Engenharia Elétrica na Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília (SENADO FEDERAL, 2018). Hoje, expoente das relações internacionais e um dos diplomatas brasileiros com maior poder de representatividade em organizações internacionais, Azevêdo ocupa o posto de Diretor Geral da Organização Mundial de Comércio (GUARDIAN, 2013), mediando a maior organização internacional de comércio no mundo, responsável por agir como um fórum para a negociação de acordos sobre o comércio de bens, serviços e propriedade intelectual de mais de 120 países, incluídos Brasil e República Popular da China. Em uma entrevista ao canal *Bloomberg Markets* em fevereiro de 2017, Sr. Azevêdo, ao discutir sobre os prospectos para o comércio mundial no ano, aponta:

“...out of 10 jobs lost in advanced economies, around 8 are due to new technologies, higher productivity, innovation [...] and we all want that (technology advancements), we don't want these things to disappear. We have to be ready for that: we have to be ready for these changes which some are calling the 4th industrial revolution [...]” (YOUTUBE, 2017)

Dada a importância dos avanços tecnológicos da indústria 4.0 em discussões sobre diversos temas da economia mundial, resolvemos investigar melhor como esses avanços estão ocorrendo em duas das principais economias em desenvolvimento do mundo: o Brasil e a República Popular da China.

Neste capítulo serão apresentados os principais temas do projeto de forma introdutória, com o intuito de prover ao leitor a base literária e contextualização mínima necessária para compreensão do trabalho, assim como uma apresentação do objetivo geral, objetivos específicos, estrutura e divisão do projeto.

1.1 O Surgimento e a Evolução da Indústria 4.0

A partir do fim do século XVIII e até o começo do século XIX, a humanidade experienciou a primeira revolução industrial (BBC HISTORY, 2014), onde o fenômeno da mecanização teve início, substituindo a agricultura

pela indústria como fundamento da estrutura econômica das sociedades. Aproximadamente um século mais tarde, uma nova revolução (US HISTORY SCENE, 2019) teve início com o descobrimento de novas fontes de energia como eletricidade e petróleo. Em seguida, em torno da segunda metade do século XX, uma terceira revolução (MILBERG, 2008, p. 215) teve início com o aparecimento da energia nuclear e subsequente ascensão da eletrônica. A quarta revolução industrial, muitas vezes representada pelo conceito de Indústria 4.0, fazendo alusão a versão de um software, se dá por uma série de grandes avanços em tecnologias emergentes como inteligência artificial, robótica, internet das coisas e manufatura aditiva.

Na Hannover Messe de 2011, uma das maiores feiras de tecnologia industrial do mundo (EURO FAIR STATISTICS, 2008), foi apresentado, através de uma publicação (VEREIN DEUTSCHE INGENIEURE, 2011) na associação de engenheiros alemães (VDI), um artigo relatando a iniciativa 4.0, que discorria sobre como a Internet das Coisas, junto a novos modelos de negócio baseados em sistemas ciber físicos poderia levar à quarta revolução industrial e assim gerar uma mudança de paradigma na indústria global, e como a Alemanha poderia estar à frente desta mudança. No ano de 2012, o então conhecido como Grupo de Trabalho da Indústria 4.0 (Industrie 4.0 Working Group), liderado por Siegfried Dais (Robert Bosch GmbH) e Henning Kagermann (Academia Alemã de Ciência e Engenharia) apresentaram um conjunto de recomendações para implementação da Indústria 4.0 ao Governo Federal Alemão.

Em abril de 2013 o relatório final de recomendações foi apresentado durante a Hannover Messe pelo mesmo grupo, intitulado “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” (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 2013). No mesmo ano, o governo federal alemão apoiou a ideia e anunciou que a Indústria 4.0 faria parte da iniciativa “High-Tech Strategy 2020 for Germany”, focada em liderança na inovação tecnológica. Junto a isso, o grupo de trabalho desenvolveu as primeiras recomendações para implementação (KAGERMANN et al., 2013, p. 77), com a sua visão de o que é a Indústria 4.0:

“In the future, businesses will establish global networks that incorporate their machinery, warehousing systems and production facilities in the shape of Cyber- Physical Systems (CPS). In the manufacturing environment, these Cyber-Physical Systems comprise smart machines, storage systems and production facilities capable of autonomously exchanging information, triggering actions and controlling each other independently. This facilitates fundamental improvements to the industrial processes involved in manufacturing, engineering, material usage and supply chain and life cycle management. The Smart Factories that are already beginning to appear employ a completely new approach to production. Smart products are uniquely identifiable, may be located at all times and know their own history, current status and alternative routes to achieving their target state. The embedded manufacturing systems are vertically networked with business processes within factories and enterprises and horizontally connected to dispersed value networks that can be managed in real time – from the moment an order is placed right through to outbound logistics. In addition, they both enable and require end-to-end engineering across the entire value chain.” (p. 5)

Nos anos seguintes, o tópico Indústria 4.0 passou a ser um dos mais discutidos na região onde a língua alemã é predominante (DAIS, 2014, p. 625; DRATH & HORCH, 2014), e passou a ser uma palavra representativa e diretamente associada à quarta revolução industrial (BRAMBLEY, 2015) e até mesmo como a “segunda era das máquinas” (KLAUS, 2017). O tema passou também a ser abrangido e tratado pela comunidade global como um todo, sendo tema central no encontro do Fórum Econômico Mundial (WEF) de 2016: Mastering the Fourth Industrial Revolution, promovendo o conceito de uma revolução industrial pré-meditada (DRATH, 2014) ao redor do mundo, sobretudo nas lideranças intelectuais.

“The technology wave has finally crested. At the Annual Meeting 2016, under the theme Mastering the Fourth Industrial Revolution, technology shifted from a supporting role to the spotlight. More than 2,500 participants from all walks of life came together in Davos to prepare for a future of exponentially disruptive change as assumptions about growth models were overturned, the international balance of power continued to fray, and scientific and technological breakthroughs stood poised to transform economies and societies.” (WORLD ECONOMIC FORUM, 2016)

Com o avanço do termo e conceito por trás do termo Indústria 4.0 as tecnologias associadas ao mesmo passaram a representar cada vez mais uma onda de mudanças de paradigma generalizada nos mais diversos modelos de produção através da aplicação de tecnologias disruptivas, não apenas associada ao conceito de Internet das Coisas e sistemas ciber físicos, mas também robótica, inteligência artificial, nanotecnologia, computação quântica, biotecnologia, 5G (quinta geração de internet móvel), manufatura aditiva,

veículos autônomos, big data e computação em nuvem. A partir deste avanço no conceito, outros similares passaram a ser associados conjuntamente à Indústria 4.0, como a recentemente popularizada Transformação Digital promovida pelas TICs (Tecnologias de Informação e Comunicação) para modernização e aumento da produtividade dos modelos de negócio de empresas e outros setores da sociedade como governo e academia (MCKINSEY, 2016).

Devido à ainda por vezes incipiente e abrangente definição dos termos Indústria 4.0 e Quarta Revolução Industrial, a definição a ser adotada para fins de pesquisa neste projeto é a proposta inicialmente descrita pelo grupo de trabalho originalmente promovida pelo grupo de trabalho alemão. Atualmente também promovida através de uma plataforma online do governo federal alemão, a Indústria 4.0 é definida pelo grupo como “*the intelligent networking of machines and processes for industry with the help of information and communication technology*” (PLATTFORM I4.0, 2018). Os fundamentos para definição da indústria 4.0, advindos desta publicação e iniciativa se resumem em: (1) produção flexível; (2) fábrica conversível; (3) soluções orientadas ao consumidor; (4) logística otimizada; (5) uso de dados; (6) economia circular de uso eficiente de recursos.

Os princípios de *design* para cenários de indústria 4.0 para que empresas possam identificar projetos piloto de indústria 4.0 e ajudar na implementação de soluções, são: interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidade em tempo real, orientação ao serviço e modularidade (HERMANN et al., 2015). Sendo um termo genérico, que abarca uma série de tecnologias e características diferentes, a Indústria 4.0 representa uma grande tendência tecnológica que, com a junção de conceitos-chave da era atual, como Drath e Horch (2014) afirmam, “é um fenômeno que inevitavelmente irá acontecer, queiramos ou não” (p. 58).

1.2 Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas

Após a Cúpula do Milênio das Nações Unidas no ano 2000, foram estabelecidos oito objetivos internacionais de desenvolvimento para o ano de 2015 (UN, 2015), intitulados Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODMs).

Na ocasião, os Estados-membros da ONU na época se comprometeram a ajudar a alcançar os seguintes objetivos:

1. Acabar com a fome e a miséria;
2. Educação básica de qualidade para todos;
3. Igualdade entre sexos e valorização da mulher;
4. Reduzir a mortalidade infantil;
5. Melhorar a saúde das gestantes;
6. Combater a AIDS, malária e outras doenças;
7. Qualidade de vida e respeito ao meio ambiente;
8. Todo mundo trabalhando para o desenvolvimento.

O alcance de tais objetivos foi foco das Nações Unidas até 2015 (UNESCO, 2015). No ano de 2012, na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, conhecida também como Rio+20, os governos concordaram no estabelecimento de metas favoráveis ao desenvolvimento sustentável, em substituição aos ODMs da ONU a partir de 2015. Tais metas, definidas a partir da liderança dos Estados-membros e com ampla participação de diversos grupos e partes interessadas da sociedade civil, foram então denominadas Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como parte da resolução 70/1 (UN, 2015) da Assembleia Geral das Nações Unidas no dia 21 de Outubro de 2015: "Transformando o nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável".

Tal agenda consiste, portanto, em um plano de ação para as pessoas, para o planeta e prosperidade, assim como para um fortalecimento da paz universal com mais liberdade. Na ocasião da 69ª Assembleia Geral da ONU, chefes de Estado e de Governo e outros representantes de alto escalão político, reunidos na sede das Nações Unidas em Nova York de 25 a 27 de Setembro de 2015, decidiram sobre os ODS:

"2. Em nome dos povos que servimos, nós adotamos uma decisão histórica sobre um conjunto de Objetivos e metas universais e transformadoras que é abrangente, de longo alcance e centrado nas pessoas. Comprometemo-nos a trabalhar incansavelmente para a plena implementação desta Agenda em 2030. Reconhecemos que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões, incluindo a pobreza extrema, é o maior desafio global e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável. Estamos empenhados em alcançar o desenvolvimento sustentável nas suas três dimensões – econômica, social e ambiental – de forma equilibrada e integrada. Também vamos dar continuidade às

conquistas dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e buscar atingir suas metas inacabadas.

3. Nós resolvemos, entre agora e 2030, acabar com a pobreza e a fome em todos os lugares; combater as desigualdades dentro e entre os países; construir sociedades pacíficas, justas e inclusivas; proteger os direitos humanos e promover a igualdade de gênero e o empoderamento das mulheres e meninas; e assegurar a proteção duradoura do planeta e seus recursos naturais. Resolvemos também criar condições para um crescimento sustentável, inclusivo e economicamente sustentado, prosperidade compartilhada e trabalho decente para todos, tendo em conta os diferentes níveis de desenvolvimento e capacidades nacionais.” (ITAMARATY, 2016)

Os 17 ODS (ITAMARATY, 2016) são:

- Objetivo 1. Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares;
- Objetivo 2. Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável;
- Objetivo 3. Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades;
- Objetivo 4. Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos;
- Objetivo 5. Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas;
- Objetivo 6. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos;
- Objetivo 7. Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos;
- Objetivo 8. Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos;
- Objetivo 9. Construir infra estruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação;
- Objetivo 10. Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles;
- Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis;

- Objetivo 12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis;
- Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos;
- Objetivo 14. Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável;
- Objetivo 15. Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade;
- Objetivo 16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis;
- Objetivo 17. Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

De acordo com a Resolução 67/290 da Assembleia Geral da ONU, o Fórum Político de Alto Nível das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (HLPF) acontece anualmente junto ao Conselho Econômico e Social e a Assembleia Geral com o intuito de fazer um acompanhamento e revisão dos ODS. Em tais encontros, é esperado que cada Estado-membro apresente pesquisas e análises no nível nacional e subnacional com uma abordagem do andamento em direção ao atingimento dos ODS em cada país. No caso do Brasil, o órgão responsável pela elaboração do relatório brasileiro nas edições passadas é o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), através do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão e a partir de contribuições de diversos outros ministérios envolvidos com o tema. Na China, o Center for International Knowledge on Development (CIKD - 中国国际发展知识中心), instituição independente filiada ao Development Research Center of the State Council (DRC) fundada em 2017 é responsável por produzir os relatórios e pesquisas a respeito do atingimento dos ODS no país.

1.3 O Desenvolvimento Tecnológico Chinês e Brasileiro

O Brasil possui hoje uma organização bem desenvolvida de ciência e tecnologia, onde a maior parte do investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação advém de fontes do governo (federal, estaduais e municipais), empresas públicas e empresas privadas. O desempenho positivo da economia brasileira de 2004 a 2012 resultou em um maior gasto em P&D por parte do governo e setor privado no período (HYUDA et al., 2015). No entanto, grande parte da pesquisa é feita hoje em instituições de ensino superior, resultando em um declínio significativo no emprego de profissionais de pesquisa no setor privado brasileiro de 2001 a 2010 e baixo desempenho no crescimento de P&D industrial. O nível de despesa doméstica em P&D em comparação com o PIB brasileiro ainda se mantém significativamente abaixo de economias desenvolvidas e em desenvolvimento como Coréia do Sul e China.

Figura 1 – Despesa Doméstica Bruta no Brasil em P&D por setor (2004-2012)



Fonte: Unesco Science Report: Towards 2030 - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

A China é historicamente uma líder mundial no desenvolvimento de ciência e tecnologia até o início da dinastia Qing, contribuindo ao mundo com invenções cruciais para o desenvolvimento da humanidade como a fabricação de papel, o compasso e a pólvora (LIN, 2011). Porém, em períodos mais recentes, o desenvolvimento de P&D na China se estagnou até aproximadamente 1978, quando a RPC através de seu então líder, Deng Xiaoping, iniciou uma reforma econômica conhecida como Abertura Econômica da China (改革开放), voltando a promover a ciência e a tecnologia no país. Nos primeiros 30 anos de reforma, a China tem focado primariamente na construção de infraestrutura física, e nos últimos anos tem voltado a sua

atenção para inovação tecnológica, através do estabelecimento de uma série de sistemas e incentivos para desenvolvimento tecnológico no país. A China tem como objetivo dedicar 2.5% de seu PIB em P&D até 2020 (CAO, 2015), e resultados recentes da UNESCO indicam que o país está próximo de atingir seu objetivo.

1.4 Questão de Pesquisa

Diante de temas tão complexos e abrangentes, este estudo precisa determinar uma questão a ser usada como base para a dissertação a seguir. O trabalho a ser feito ao longo deste estudo está centrado em torno da questão:

Quais são as principais contribuições do desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil e na China para os ODS das Nações Unidas?

1.5 Objetivos

Para explicitamente definir o ponto central e objetivo final deste estudo, foi utilizada a estrutura proposta por Booth et al (2008) onde é possível defini-lo através da formulação das seguintes sentenças:

- **Eu estou estudando/ aprendendo sobre** a indústria 4.0 no Brasil e na República Popular da China;
- **...Porque eu quero descobrir** o quão desenvolvida está a indústria 4.0 nestes dois países;
- **...Para** identificar as principais contribuições da indústria 4.0 nestes dois países para o atingimento dos ODS.

Destrinchando o objetivo geral da pesquisa em uma série de objetivos específicos, temos:

- Mensurar e analisar a produção bibliográfica de pesquisadores e instituições no Brasil e na China;
- Identificar e analisar material referente ao estado atual e desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil e na China;
- Descrever o nível de desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil e na China;
- Identificar e mensurar contribuições aos ODS através das análises.

Como não-escopo do presente projeto, temos:

- Avaliar os impactos do desenvolvimento da Indústria 4.0 nestes dois países;
- Comparar/ quantificar o nível de desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil e na China.

O presente trabalho se divide em seis partes: introdução, revisão bibliográfica, metodologia de pesquisa, pesquisa bibliométrica, análise qualitativa da hélice tríplice e conclusão.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Produção acadêmica referente a Indústria 4.0

Como veremos em mais detalhes a frente, a indústria 4.0 representa hoje um importante tópico de estudo para os mais diversos níveis de ensino superior ao redor do mundo assim como para diferentes perspectivas, sendo estudado não apenas pelas áreas exatas, mas também pelas humanísticas. Portanto, é necessário realizar uma revisão bibliográfica profunda a respeito do tema, sobretudo dos artigos que tratam do desenvolvimento da indústria 4.0 e do conceito por trás dela. Também é necessário verificar os esforços que já foram realizados por outros pesquisadores para descrever o nível de desenvolvimento na academia, setor público e setor privado, entendendo o estado da arte do conhecimento sobre o tema. De acordo com Santos et al. (2017), a indústria 4.0 é formada por dois grandes pilares: futuro modelo de negócio para produção (produtos e serviços inteligentes, cadeias de suprimento conectadas...) e facilitador de negócios (cloud, robótica, M2M...). A seguir, propomos uma seleção e breve análise dos principais documentos relacionadas ao tema, fora os apenas apresentados na seção introdutória do projeto, de forma a abordar as principais características destes dois pilares.

- The Fourth Industrial Revolution (SCHWAB, 2016)

Publicado pelo engenheiro, economista e fundador do Fórum Econômico Mundial, Klaus Schwab, “A Quarta Revolução Industrial” foi publicado em 2016. O autor explica porque acredita que as transformações, sobretudo tecnológicas, acontecendo hoje na sociedade representam não uma continuação da terceira revolução industrial, mas sim o início de uma nova era na sociedade. O autor aponta três fatores principais para justificar sua teoria:

1. A quarta revolução industrial se dá através de um crescimento exponencial, e não linear como nas outras revoluções industriais, devido a existência de por exemplo, um mundo cada vez mais interconectado;
2. Através da combinação da digitalização e múltiplas tecnologias que estão gerando mudanças de paradigmas sem precedentes na economia, nos negócios, na sociedade e no indivíduo, as mudanças acontecendo não estão mudando apenas o porquê e o como coisas são feitas, mas também quem nós somos;

3. Essa revolução envolve a transformação de sistemas completos, através de países, empresas, indústrias e sociedade como um todo.

A premissa básica do livro é que tecnologia e digitalização irá revolucionar tudo. Através da descrição dos principais *drivers* responsáveis pelos avanços disruptivos, Schwab explica como novas tecnologias e desenvolvimentos tiram proveito do poder da digitalização e tecnologia da informação para gerar avanços inimagináveis nas mais diversas indústrias. Ainda que o autor mencione o termo e definições de Indústria 4.0 como estabelecido originalmente na Feira de Hannover de 2011, o livro gira em torno de um conceito mais expandido e não se restringe ao desenvolvimento de sistemas ciber físicos, fábricas inteligentes e novos modelos de operação industrial. Schwab acredita que além do desenvolvimento de máquinas e sistemas conectados, ondas de avanços disruptivos estão acontecendo em áreas como desde nanotecnologia, renováveis, até computação quântica. E, de acordo com o autor, é justamente a fusão e a interação entre todas essas tecnologias que tornam a quarta revolução industrial fundamentalmente diferente de todas as outras. A expansão do conceito de indústria 4.0 para diferentes áreas de pesquisa é, portanto, inevitável. Por mais que a pesquisa atual se proponha a analisar exclusivamente o conceito estabelecido pelo grupo de Hannover, a ideia de Indústria 4.0 e Quarta Revolução Industrial se fundem em todas as dimensões analisadas neste trabalho. Como veremos mais adiante, os temas e tópicos de pesquisa e atuação analisados são Indústria 4.0, Quarta Revolução Industrial e todos seus termos adjacentes.

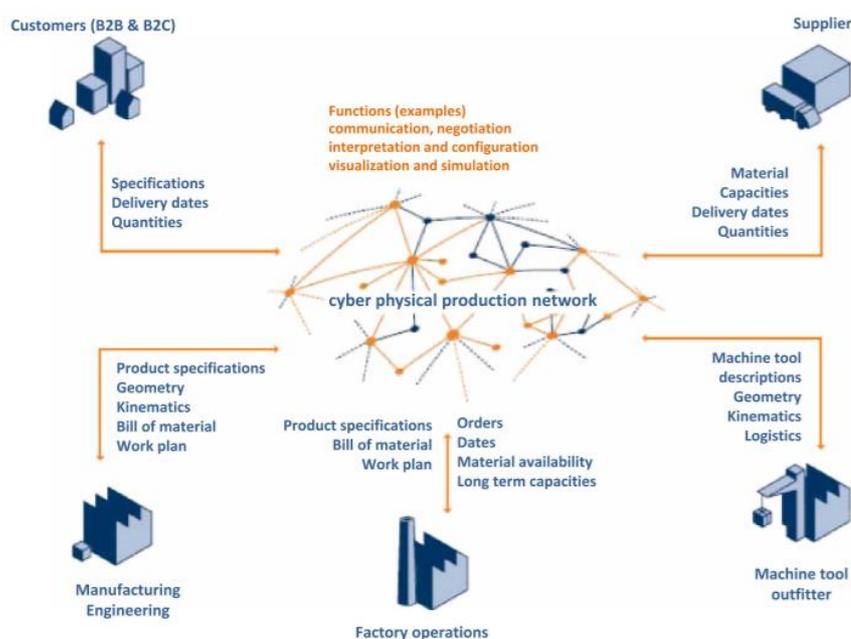
- Industrie 4.0 (Lasi, et al., 2014)

Publicado em 2014 por Dr. Heiner Lasi e Prof. Dr. Hans-Georg Kemper da Universidade de Stuttgart, na Alemanha, o artigo originalmente escrito em alemão (Industrie 4.0) e em inglês (Industry 4.0), relata o termo “Indústria 4.0” como ainda não muito difundido fora da Alemanha e como a síntese de um projeto futuro que pode ser definido por duas direções de desenvolvimento que são a força motriz para uma quarta revolução industrial. De um lado está o conceito de *application-pull*, que gera uma grande necessidade de mudanças por causa de uma mudança no *framework* operacional das indústrias, sendo normalmente iniciados por mudanças políticas, econômicas e sociais. De outro lado, existe o conceito de *technology-push* na prática industrial, onde

tecnologias inovadoras permeiam a sociedade e alteram as rotinas nos mais diversos meios e mercados.

O artigo se destaca não só pelo seu aspecto pioneiro no estudo da Indústria 4.0, mas pela definição clara e concisa dos conceitos fundamentais deste novo paradigma e da demonstração de exatamente como essas novas tecnologias podem ser aplicadas e como elas podem impactar os negócios e sistemas de engenharia. Em suma, o autor apresenta o conceito de *cyber physical production network*, onde a automatização e independência de ações possibilita o surgimento de um novo tipo de cadeia de suprimentos. Nesse novo cenário, serviços mais automatizados e integrados são capazes de reagir de acordo com os diferentes contextos, interesses e necessidades dos consumidores.

Figura 2 – Exemplos de interdependências em uma cadeia de suprimentos no contexto da Indústria 4.0



Fonte: Geisberger and Broy 2012, p. 56

A definição proposta no artigo é a de que o termo Indústria 4.0 descreve uma série de novas mudanças nos diversos sistemas produtivos, que são em grande parte potencializadas pelas tecnologias de informação. Tais mudanças não teriam implicações apenas tecnológicas, mas também organizacionais, onde novos modelos de empresas estariam surgindo e adotando novas responsabilidades nos processos produtivos, preenchendo os papéis antes não existentes em uma indústria mais centralizada.

- Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios (Hermann, et al., 2015)

Apresentado na introdução deste trabalho, o artigo produzido em 2015 na Universidade de Dortmund, Alemanha propõe, a partir de revisão de literatura, uma definição do termo Industrie 4.0 e identifica seis princípios de design para sua implementação, com o objetivo de auxiliar empresas na implementação da iniciativa. De fato, uma definição clara sobre o significado do termo não foi feita nem mesmo pelos promotores iniciais da ideia, o “Industrie 4.0 Working Group” e o “Plattform Industrie 4.0”, que se limitaram a descrever a visão, as tecnologias-alvo da iniciativa e cenários. O estudo identifica ao todo seis princípios de design para a implementação da indústria 4.0: interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidades em tempo-real, orientação ao serviço e modularidade. Os princípios definidos por este artigo fundamentam a análise qualitativa da dimensão “indústria” realizada no quinto capítulo deste trabalho.

- Industrie 4.0: Hit or Hype? (Drath & Horch, 2014)

O artigo publicado na Alemanha em 2014 discute se o termo “Industrie 4.0” é uma iniciativa de sucesso com impactos reais ou se é apenas uma palavra popular devido a fortes campanhas publicitárias, em especial as campanhas da indústria e governo alemães. O questionamento é respondido por uma narrativa que aborda ideias centrais sobre o que é a indústria 4.0 e pela descrição de requisitos industriais básicos que precisam ser atingidos para o seu sucesso.

Em primeiro lugar, a indústria 4.0 é definida tecnicamente como a introdução de tecnologias da internet na produção industrial, intimamente ligada com o conceito de sistemas ciber físicos (CPS). Os CPS são descritos como um conjunto de três níveis. O primeiro nível é formado pelos objetos físicos do sistema de produção (dispositivos de campo, máquinas, fábricas, produtos) individualmente conectados a uma rede. O segundo nível corresponde à modelagem desses objetos em uma rede, com elementos virtuais capazes de armazenamento em tempo real e acessibilidade de dados de qualquer lugar, na nuvem. O terceiro nível é o conjunto de serviços possibilitados por diversas aplicações dos dados, operados por meio de

algoritmos. Tudo isso possibilitaria novos padrões de organização e agendamento na indústria.

Apesar de muitas tecnologias necessárias para a sua realização, elas estão sendo utilizadas em outras aplicações e, para ser considerada pronta, a Indústria 4.0 precisa ter pelo menos quatro requisitos satisfeitos. São eles: a proteção dos investimentos já realizados, com tecnologia pronta para poder ser introduzida passo-a-passo em fábricas existentes, a estabilidade de funcionamento, de modo que a tecnologia não comprometa a produção por distúrbios ou interrupções, a privacidade de dados, permitindo acesso controlado aos dados de produção e protegendo o *know-how* da empresa e, por último, a segurança cibernética, prevenindo contra acessos não autorizados. Empresas, organizações e órgãos de normatização precisam colaborar para que esses requisitos sejam alcançados.

O artigo conclui que a revolução não é necessariamente uma realização técnica, mas um novo horizonte de modelos de negócio, serviços e produtos individualizados trazidos por uma nova maneira de aplicação de tecnologias já existentes, com maior robustez. A flexibilidade é o principal *driver* da Indústria 4.0, em contraste com ganhos em produtividade que guiaram as 3 revoluções industriais passadas. Diz, mas não prova, que Indústria 4.0 é um conceito do futuro, ainda não alcançado, com resultados imprevisíveis. Conclui que é um potencial "sucesso", dado que todas as partes contribuintes colaboram bem para superar os desafios descritos acima, e não um mero esforço publicitário.

- 工业 4.0 和智能制造 (ZHANG, 2014)

Como veremos mais à frente, o artigo “Indústria 4.0 e Manufatura Inteligente” (工业 4.0 和智能制造) de Zhang Shu (张曙), publicado em 2014, é o artigo mais citado na plataforma CNKI e, dentre o universo de artigos na língua chinesa disponíveis no GS, é também o mais citado e relevante. Zhang Shu é atualmente professor da universidade de Tongji (Shanghai) na China e é reconhecido no país por suas pesquisas em manufatura avançada e estratégias de desenvolvimento. O artigo se apresenta como uma referência para os pesquisadores do mundo acadêmico chinês não apenas por apresentar as definições mais básicas relacionadas à Indústria 4.0 e fazer os

paralelos relevantes com as três outras revoluções industriais, mas também por demonstrar a maneira com que as mudanças tecnológicas de digitalização irão dar novas formas para a sociedade e o uso extensivo da internet e tecnologias móveis de comunicação irão levar inevitavelmente a uma mudança nas estruturas econômicas, sociais e das mais diversas indústrias.

O artigo elenca alguns exemplos de projetos piloto de fábricas inteligentes (na China e ao redor do mundo) que através de cobertura completa de diferentes tecnologias de telecomunicação se intercomunicam e são capazes de fabricar diversos produtos. Como iremos ver mais adiante, os artigos técnicos e advindos de faculdades e departamentos de áreas exatas na China, costumam ter um viés social e humanístico, tratando também de temas como neste artigo, sobre o quão longe de fato essas tecnologias estão de serem implementadas na sociedade.

A partir da explicação de como a virtualização e o desenvolvimento de sistemas ciber físicos em fábricas inteligentes, atrelado ao avanço de tecnologias disruptivas (desde internet até 5G), o artigo explica como avanços e melhorias podem ser produzidas em diferentes setores da sociedade, através do que ele chama de uma horizontalização e dispersão (从垂直向扁平转变, 从集中向分散转变) nas estruturas desses setores. A visão do autor é que tais tecnologias permitem com que o empreendedorismo e pequenas empresas de um modo geral floresçam e tenham seu devido espaço na economia.

- 德国“工业 4.0”与“中国制造 2025” (HE & PAN, 2015)

Anunciada no ano de 2015 pelo conselho de estado da China como estratégia nacional (SOUTH CHINA MORNING POST, 2018), o programa “Made in China 2025” se tornou um plano central na estratégia do país para se tornar uma potência global manufatureira, e assim reformular a imagem negativa comumente associada a produtos desenvolvidos e fabricados na China. He Zhengchu (贺正除), da Universidade de Ciência e Tecnologia de Changsha (长沙科技大学), explica neste artigo, intitulado “O plano alemão Industrie 4.0 e o plano chinês Made in China 2025, a estratégia alemã inspirada no conceito de Indústria 4.0, como um plano com grande potencial para influenciar positivamente a implementação e alcance dos objetivos do MiC

2025. De acordo com o artigo, através da análise da estratégia alemã, a China pode tirar grandes contribuições e aprendizados sobre como implementar da melhor forma o seu plano. A partir da industrialização “com características chinesas”, o plano MiC 2025 pode se inspirar no plano alemão para aproximar da melhor maneira as tecnologias industriais com as tecnologias da informação, construir alianças de inovação e promover um desenvolvimento sustentável com baixos níveis de emissão de carbono.

A partir de dados estatísticos e econômicos, o artigo realiza uma comparação entre os níveis de investimento em P&D na China e países como Alemanha, Japão e Estados Unidos e aponta a proporção de investimento em P&D com o PIB na China como deficitária. Ainda que com uma taxa de crescimento constante, este baixo investimento em P&D seria uma das possíveis causas para o *gap* tecnológico entre a China e outros países e uma das razões para que o país estivesse localizado em um escalão industrial inferior, com uma capacidade de desenvolvimento mais baixa. Outro grande argumento feito no artigo é o de que a indústria chinesa ainda possui uma alta dependência de tecnologias básicas advindas de outros países. Componentes eletrônicos, softwares de sistemas, e equipamentos de ponta ainda são importados de outros países. Em 2013, 80% de todos os chips usados na China para produção foram importados, ultrapassando até o total de petróleo importado e se tornando o item mais adquirido pelo país. Outros exemplos de artigos extremamente cruciais para produção de infraestrutura tecnológica que a China exclusivamente obtém através de importação são equipamentos para produção de chips de circuito integrados e para produção de cabos de fibra ótica.

O artigo reforça a urgência do estabelecimento e alcance das metas previstas pelo MiC 2025, apontando outros grandes problemas da indústria chinesa como a falta de marcas internacionalmente conhecidas, desequilíbrio no nível de informatização ao longo das diferentes regiões do país, baixo desenvolvimento de segmentos de tecnologia avançada devido à um enfoque exagerado em setores mais tradicionais da indústria (como mineração, extração de petróleo, geração de energia e produção de aço).

- 第四次工业革命与人工智能创新 (LU, et al., 2018)

O artigo “A quarta revolução industrial e a inovação em Inteligência Artificial” publicado em 2018 no jornal “Higher Education Engineering Research” (高等工程教育研究) por Lü Wenjing (吕文晶), além de apresentar, como a maioria dos outros artigos chineses, o contexto por trás do conceito de quarta revolução industrial e suas tecnologias, mostra também como a inteligência artificial está no centro da quarta revolução industrial e é fundacional para influenciar os modelos tradicionais de inovação. Adiante, o artigo argumenta também que a inovação no campo da inteligência artificial é um dos pontos chave na disputa de poder entre China e Estados Unidos, e que a China precisa ativamente reforçar seus investimentos em treinamento de talentos em inteligência artificial.

De acordo com o autor, a inteligência artificial é a nova tecnologia responsável e que está trazendo uma nova onda de inovação a nível global. Desde a derrota do campeão mundial do milenar jogo chinês *Go* em 2016 pelo software de *deep learning*, AlphaGo, uma série de novas inovações similares começaram a se destacar nos mais diversos campos de inteligência artificial. Com a publicação do livro “The Fourth Industrial Revolution” de Klaus Schwab no mesmo ano, o mundo todo passou a prestar cada vez mais atenção neste tema e nas tecnologias atreladas a ele, entre elas, a IA.

Em seguida, o artigo aborda três pontos elementares sobre a quarta revolução industrial:

- O segmento de tempo e conteúdo atrelado a quarta revolução industrial;
- As principais tecnologias da quarta revolução industrial;
- A influência sistemática da quarta revolução industrial.

Os novos avanços em inteligência artificial deram início também a uma competição de produção de talentos entre os mais diversos países, onde diversas potências como Estados Unidos, Japão, França e Alemanha publicaram planos nacionais reforçando a aceleração no desenvolvimento e pesquisa em inteligência artificial, sendo um dos principais aspectos destes planos a geração de mais talentos na área, onde Estados Unidos e Inglaterra focam mais em pesquisa básica de IA, e Japão e Alemanha focam mais em aplicação de IA. De acordo com o artigo, a comunidade internacional tem grandes expectativas para o desenvolvimento de IA na China, e que a nação

já se qualifica (2018) como um potencial país com relevância para se estabelecer parcerias na área. Outra conclusão do artigo é que a geração de talentos no campo de IA será um dos aspectos mais cruciais nas disputas tecnológicas da China com os EUA.

2.2 Artigos mais relevantes

Os artigos com maior relevância para este trabalho são artigos publicados principalmente pelos professores Yongxin Liao, da National Huaqiao University, Fernando Deschamps e Eduardo Rocha Loures, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Entre os dois artigos aqui citados, a temática central das pesquisas está justamente no desenvolvimento da indústria 4.0. Os artigos abordam temas extremamente próximos do aqui proposto e fornecem não apenas uma base para definição do nosso ponto de partida, mas também inspiração para reconhecimento de nossos interesses como um genuíno tema de pesquisa.

- The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison (Liao, et al., 2018)

O artigo, publicado em 2018 também junto a Guilherme Brezinski e André Venâncio, procura trazer a visão de que os desenvolvimentos previstos pela quarta revolução industrial vão além das fronteiras organizacionais e territoriais, desencadeando esforços governamentais com o intuito de definir padrões e diretrizes.

- Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal (Liao, et al., 2017)

Vencedor do prêmio *Best Paper Award 2018 of IJPR*, o artigo publicado em 2017 também junto a Luiz Felipe Pierin Ramos, busca preencher a lacuna existente na revisão de literatura a respeito do tema indústria 4.0 e entender melhor o avanço acadêmico nesta área (até o fim de 2016). A partir da pesquisa realizada, são feitas análises em cima das informações obtidas, para se identificar aspectos como: quais são as principais direções de pesquisa, os esforços empregados, assim como quais tópicos ainda não são tão pesquisados e o artigo propõe também um cronograma de pesquisa.

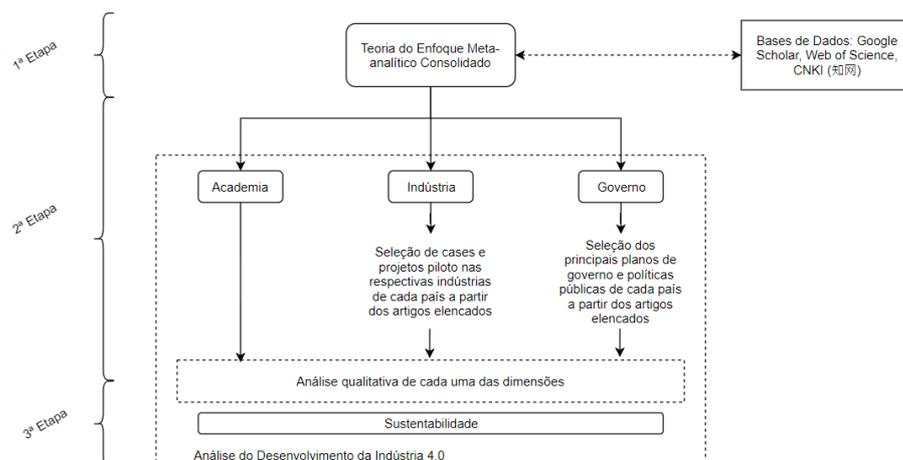
3 Metodologia

Nesta seção será apresentada a metodologia utilizada para realização do projeto por meio de uma explicação breve de cada uma das técnicas e classificações utilizadas, assim como uma delimitação da estrutura do trabalho a partir de uma perspectiva metodológica.

De um modo geral, foram utilizadas duas abordagens para a realização do trabalho: quantitativa e qualitativa. Enquanto a primeira, de acordo com Menezes (2001) diz respeito a uma tradução de opiniões e informações em números, por meio de estatística, para classificá-las e analisá-las, a segunda consiste na interpretação de fenômenos e atribuição de significados diretamente do ambiente natural, tendo como instrumento-chave o pesquisador.

O trabalho é dividido em três etapas: pesquisa bibliométrica e seleção de artigos, filtragem, exclusão/ inclusão de artigos e análise qualitativa do material. Na primeira etapa, a abordagem utilizada é um estudo exploratório com abordagem quantitativa e qualitativa por meio da Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado - TEMAC, de Mariano e Rocha (2017), que possibilita uma análise geral do desenvolvimento da indústria 4.0 nos dois países estudados a partir do estado das produções científicas em cada um deles. Na segunda etapa, através de uma seleção dos artigos se faz uma análise dos principais artigos a serem analisados em 3 dimensões diferentes. Por fim, na terceira etapa é realizada uma análise qualitativa de todo o material selecionado, para assim se tirar conclusões a respeito do impacto do desenvolvimento da indústria 4.0 para os ODS (quarta perspectiva, sustentabilidade). A figura abaixo mostra as etapas do projeto, e seu sequenciamento.

Figura 3 – Estrutura e Divisão do Projeto



Fonte: Os Autores (2019)

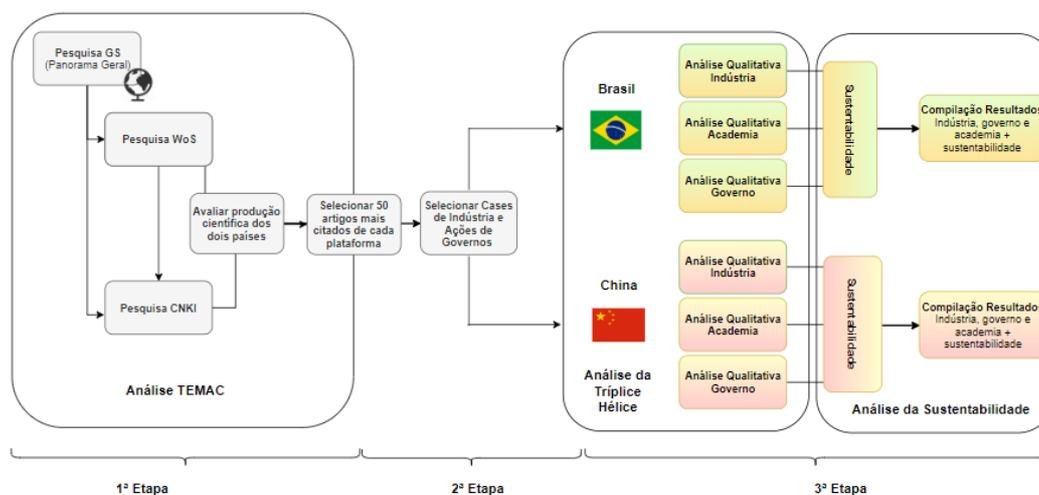
Como visto na figura acima, as 3 dimensões a serem analisadas pelos pesquisadores são: academia, indústria e governo. A academia será analisada em grande parte através dos resultados obtidos do trabalho do TEMAC e da análise qualitativa dos artigos selecionados posteriormente. Para analisar as dimensões “indústria/ privada” e “governo/ pública”, serão analisadas as principais iniciativas elencadas para cada uma das dimensões, a partir das etapas de seleção, filtragem, exclusão e inclusão de artigos.

O modelo central que dá origem à estrutura do projeto é conhecido como “hélice tríplice”, que provê em sua essência uma metodologia para examinar pontos fortes e fracos locais e preencher lacunas nas relações entre universidades, indústrias e governo, com vistas a desenvolver uma estratégia de inovação bem-sucedida (ETZKOWITZI et al., 2017). Ainda que o objetivo do projeto não seja a definição de estratégias de inovação, o modelo se apresenta como o mais adequado para a pesquisa que tem como objetivo identificar o nível de desenvolvimento do conceito de indústria 4.0 em cada país, uma vez que as interações entre universidade, indústria e governo (hélice tríplice) são, como apontado por Etzkowitz a chave para o crescimento econômico e o desenvolvimento social baseados no conhecimento. O modelo é conhecido internacionalmente como um guia de políticas e práticas nos âmbitos local, regional, nacional e multinacional, e parte da ideia de que os elementos clássicos das parcerias público-privadas possuem hoje também a presença da academia como uma esfera da sociedade que está deixando de ter um papel social secundário, como geradora de novas indústrias e empresas.

As definições utilizadas para definir exatamente o que caracterizaria “governo/ dimensão pública” e “indústria/ dimensão privada” são as mesmas utilizadas na edição de 2018 do Manual de Oslo. Em 1991, representantes do setor da ciência e tecnologia dos países membros da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) se reuniram na cidade de Oslo e concordaram em um primeiro acordo para a definição de indicadores que fossem capazes de mensurar inovação nos negócios. Estas diretrizes ficaram conhecidas como o Manual de Oslo, hoje em sua quarta edição (2018), servindo como um guia básico para realização de pesquisas em inovação ao redor do mundo. Este guia funciona hoje como um modelo não apenas para mensuração de inovação nos negócios, mas de atividades científicas, tecnológicas e de inovação como um todo. Portanto, de acordo com as diretrizes definidas por este documento, o modelo de referência para este trabalho para definição de setor público (governo) e setor privado (indústria) ficaria definido da seguinte forma: a dimensão pública fica caracterizada como todas aquelas cujas atividades estão relacionadas ao “setor público”, isto é, que inclui todas instituições controlados pelo governo, inclusive empresas estatais (*public business enterprises*) e instituições gerais do governo como um todo (advindos, dos poderes judiciário, legislativo e executivo nos diversos níveis de administração nacional, regional, estadual e municipal) e a dimensão privada (setor privado) diz respeito à todas aquelas corporações que estão engajadas na produção de bens e serviços de mercado a preços economicamente significativos.

Uma vez que o trabalho tem uma estrutura extensa, o seguinte fluxograma foi utilizado para orientar os alunos e futuros leitores a respeito do trabalho a ser feito, de uma perspectiva operacional.

Figura 4 – Fluxograma Operacional



Fonte: Os Autores (2019)

3.1 Revisão Sistemática da Literatura

TEMAC (Etapa 1)

A Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado (MARIANO & ROCHA, 2017) oferece uma técnica objetiva de seleção de literatura para respaldar o estudo da literatura. Tal enfoque utiliza pesquisas quantitativas e qualitativas, integrativa e sistemática com o intuito de mapear a literatura sobre um determinado tema, através de uma análise narrativa e estatística. O TEMAC, desenvolvido por Mariano e Rocha (2017) possui um raio de atuação maior que as meta-análises tradicionais, porque possibilita a combinação de bases de dados de acordo com a necessidade do pesquisador.

O TEMAC é ideal para o presente estudo porque oferece um número muito amplo de possibilidades de análises de interrelações e inferências sobre o tema pesquisado, pois possibilita o agrupamento de grandes volumes de trabalhos científicos por universidades, países, áreas de conhecimento e permite uma abordagem internacional com comparação de bases de dados de dois países distintos.

A abordagem se divide em 3 grandes etapas:

- Preparação da pesquisa;
- Apresentação e interrelação de dados;
- Detalhamento, modelo integrador e validação por evidências.

Na etapa de preparação da pesquisa são determinadas informações como qual é o descritor, *string*, ou palavra-chave da pesquisa, qual é o campo

espaço-tempo desejado, quais bases de dados serão utilizadas e quais áreas de conhecimento serão analisadas.

Na segunda etapa é realizada a coleta de dados sobre as revistas mais relevantes, a evolução do tema ano a ano, quais documentos são os mais citados, quais são as agências que mais financiam pesquisas, entre outras variáveis. Exemplos de indicadores levantados nessa etapa são o fator de impacto JCR, que avalia a importância de uma publicação, e o h-index, que mede a relevância de um autor. De acordo com a teoria do TEMAC, é necessário realizar nesta etapa a apresentação e inter-relação dos dados coletados na primeira etapa a partir de critérios sugeridos e definidos de acordo com leis bibliométricas como Lei de Bradford, Lei do 80/20, Lei de Lokta, entre outras. Entretanto, antes da apresentação e inter-relação é necessário tratar os dados para padronizar as saídas coletadas nas diferentes bases de dados.

Na terceira e última etapa, são avaliados os indicadores levantados na etapa anterior para compreender melhor o tema, e assim identificadas as relações entre autores, referências e países na literatura pela avaliação de índices bibliométricos como co-citação, *coupling* e co-autoria. De maneira mais específica, utilizaremos esses indicadores para responder, do ponto de vista da academia, às perguntas principais do estudo (1) quão desenvolvida está a indústria 4.0 no Brasil e na China? e (2) quais são as principais contribuições da indústria 4.0 nestes dois países para o atingimento dos ODS?

A seleção inicial de artigos nas 3 plataformas se dará a partir de palavras-chaves contidas exclusivamente nos títulos dos trabalhos. Para o Google Scholar serão utilizadas palavras-chave tanto na língua inglesa quanto chinesa (justificativa se dará no próximo capítulo), na plataforma Web of Science será utilizada a língua inglesa e na plataforma CNKI a língua chinesa. Entre algumas das palavras-chave utilizadas estão:

- Industrie 4.0
- Industry 4.0
- Fourth Industrial Revolution
- 4th Industrial Revolution
- Industry Revolution 4.0
- 工业 4.0

- 行业 4.0
- 第四次工业革命

A partir destes princípios e técnicas do TEMAC, é gerada uma lista com todos os artigos produzidos no Brasil e na China relacionados à indústria 4.0, onde é feita uma primeira rodada de exclusão de artigos que não atendem aos critérios, junto a inclusões de outros documentos que os autores julgarem necessárias, de acordo com os critérios abaixo. Para que os pesquisadores tenham plena capacidade de analisar os abstracts e outros aspectos dos artigos selecionados, a lista inicial advinda do WOS e do CNKI conterão os 50 artigos mais citados de cada uma das plataformas, a partir das pesquisas realizadas. A definição dessa quantidade de artigos a serem analisados (100 artigos no total) através da leitura de *abstract*, introdução e conclusão de cada um deles, advém do fato de que este é o número considerado pelos alunos, a partir do cronograma estabelecido por eles, como sendo ideal para que os mesmos sejam capazes de abordar no período definido para esta etapa do trabalho, sem que a qualidade da análise fosse prejudicada.

Filtragem dos Artigos e Seleção de Estudos de Caso (Etapa 2)

De posse dos principais artigos científicos sobre o tema do trabalho e de uma análise do estado da academia brasileira e chinesa trazidos pelo TEMAC:

- Serão analisados os *abstracts*, introdução e conclusão dos 100 artigos mais citados, com o intuito de identificar iniciativas para a análise qualitativa das dimensões indústria e governo na etapa 3, e;
- Serão selecionados os artigos acadêmicos para análise qualitativa da dimensão academia na etapa 3.

Em seguida, serão incluídos todos os artigos e outros documentos que os autores julguem necessário, tanto para a identificação de cases, como para análise da dimensão academia. Para garantir objetividade nesta seleção, todas as movimentações de documentos (exclusões e inclusões) serão permeadas pelos seguintes critérios descritos abaixo.

Quadro 1 – Critérios de exclusão e inclusão de artigos

Exclusão	Relevância	Artigos sem citações (ou menos de duas citações).
	Sem texto completo	Artigos sem o texto completo disponível para análise.
	Sem relação	Texto não possui relação com o tema da pesquisa.
Inclusão	Relação parcial	Textos que falam sobre a indústria 4.0 como um de seus muitos temas ou como tema de suporte à pesquisa em uma das 4 dimensões dos critérios de filtro, mas não foram encontradas pelos termos escolhidos no TEMAC.
	Relação próxima	Textos que falam sobre a indústria 4.0 como tema principal em uma das 4 dimensões dos critérios de filtro, mas não foram encontradas pelos termos escolhidos no TEMAC, incluindo planos de governo e <i>cases</i> de empresas.

Fonte: Os autores (2019)

3.2 Revisão de Literatura Qualitativa (Etapa 3)

A segunda etapa do trabalho será uma revisão de literatura qualitativa, em que o tema de pesquisa, desenvolvimento da indústria 4.0, é analisado nos dois países com o intuito de interpretar informações obtidas de uma série de artigos, tendo os pesquisadores como instrumento-chave. A análise qualitativa é uma pesquisa exploratória que, de acordo com Gil (2005), se refere a um tipo de pesquisa que visa proporcionar maior familiaridade dos autores com um problema para torná-lo explícito ou contribuir para a construção de hipóteses, neste caso portanto, auxiliando os autores a entenderem e avaliarem o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil e na China nas perspectivas dos setores público (governo), privado (indústria) e acadêmico.

O objetivo desta etapa do trabalho é, através de uma análise crítica da pesquisa e desenvolvimento tecnológico da indústria 4.0, avaliar as condições do desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil e na China.

Conforme mostram os critérios de inclusão do quadro 1, a análise extrapola fontes acadêmicas, incluindo também documentos emitidos pelos governos de ambos os países, relatórios de consultorias, livros, artigos de revistas e *websites* conceituados que tratam de assuntos como indústria 4.0 e desenvolvimento tecnológico no Brasil e na China. Portanto, as fontes de informação utilizadas para este trabalho são, de acordo com a definição por Booth et. al (2008), primárias, secundárias e terciárias.

A escolha por realizar a análise qualitativa do desenvolvimento da indústria 4.0 nos dois países sob duas dimensões distintas (pública e privada)

advém também da hipótese de que o desenvolvimento da indústria 4.0 e da tecnologia se dá de maneira muito distinta nestes dois âmbitos da sociedade, e as forças motoras para tais mudanças também se originam e tem efeitos distintos (BROOKINGS, 2009). Tal característica torna a análise separada destas duas dimensões ideal, por prover uma percepção mais adequada dos esforços empregados pelos governos e iniciativa privada em cada um dos países e a repercussão e impacto de suas ações para uma real mudança e desenvolvimento na sociedade. Como será explicado em mais detalhes a frente, a análise qualitativa é de natureza exploratória (CURRY, 2009), e no contexto deste trabalho se dará majoritariamente através da exploração de estudos de caso (ZAINAL, 2007), uma das técnicas mais apropriadas para a avaliação do desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil e na China.

Ainda nessa etapa do trabalho, será avaliado como, em cada país, o desenvolvimento da indústria 4.0 repercute nas metas e objetivos de desenvolvimento sustentável das Nações Unidas, extraindo conclusões sobre o estado de cada um dos países neste âmbito de desenvolvimento sustentável representado na literatura.

3.3 Conclusão

Nesta etapa, serão resumidos os resultados da pesquisa, a partir dos dados e informações coletadas nas etapas 1, 2 e 3. O objetivo nesta parte do trabalho é trazer para o projeto um panorama geral com uma descrição da pesquisa realizada e as descobertas feitas que contribuem para uma descrição do desenvolvimento da indústria 4.0 em cada um dos países, sob a perspectiva de sua contribuição para o alcance dos ODS da ONU.

4 Pesquisa Bibliométrica

Na primeira etapa do trabalho, iremos utilizar os três passos clássicos do TEMAC, conforme delineado na seção anterior do trabalho, a fim de fazer uma investigação da situação macro da produção científica sobre indústria 4.0 nos dois países de interesse e no mundo.

4.1 Preparação e Processo de Pesquisa

Para iniciar, serão detalhadas as definições iniciais feitas para a pesquisa e as motivações que levaram à escolha das plataformas utilizadas como fonte para os artigos científicos, mostrando a maneira como foram divididas as pesquisas sobre artigos de cada um dos dois países de interesse e dos artigos de todo o mundo.

Em seguida, serão explicados os processos de busca em cada uma das três plataformas e detalhadas as quantidades e os tipos de artigos encontrados em cada uma delas. Por fim, serão sumarizadas as peculiaridades de cada uma das plataformas.

Preparação da Pesquisa

A pesquisa foi preparada definindo-se espaço-tempo, bases de dados e palavras-chave com o objetivo de se utilizar diferentes plataformas que representem de maneira completa a produção científica dos dois países e com o objetivo de encontrar publicações que abranjam as dimensões pública e privada da indústria 4.0.

O espaço-tempo da pesquisa foi delimitado até o meio de abril de 2019, data de coleta dos dados para a pesquisa, para se ter acesso às publicações mais recentes disponíveis à época de realização do trabalho. O limite de início para a pesquisa escolhido foi a partir do início de 2011, época da realização da Feira de Hannover em que foi apresentada pela VDI a 4ª revolução industrial orientada pela Internet e a iniciativa *industrie 4.0* do governo alemão (KAGERMANN, et al., 2011).

O termo “*fourth industrial revolution*” já havia sido utilizado antes do ano de 2011. De acordo com Tonta (2016), o termo foi usado pela primeira vez em 1978 por L. Steipe no título de um artigo de periódico sobre microeletrônica (“Microeletrônica hoje - 3ª ou 4ª revolução industrial”), seguido pelas

publicações de D. Hague em 1984, WW Rostow em 1986 e outro artigo de jornal de D.A. Smith em 1999.

Ainda assim, o interesse deste estudo é no conhecimento produzido sobre os avanços da indústria com a introdução da Internet das Coisas (IoT), Sistemas Ciber Físicos (CPS), Internet de Serviços (IoS) e demais aplicações das tecnologias de informação e comunicação. Portanto, o enfoque da pesquisa está em um intervalo de 8 anos de pesquisa (início de 2011 até o fim do 1º trimestre de 2019).

As três bases de dados utilizadas foram o Google Scholar (GS), ISI Web of Science (WoS), e a base de dados científica chinesa chamada CNKI (China National Knowledge Infrastructure), conhecida também como “Zhiwang” (知网). Na preparação deste estudo, ao contrário do que pode acontecer em outros trabalhos que utilizam a metodologia TEMAC, se optou por não restringir as áreas de conhecimento a serem pesquisadas, dado que a força de pesquisa em cada área também será um fator de análise investigado.

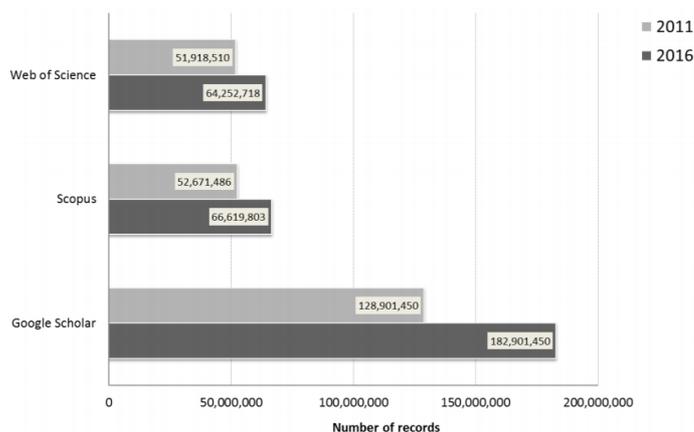
Para finalizar a preparação da pesquisa, foram estabelecidos conjuntos de palavras-chave em inglês, chinês e português, que respeitam a definição de indústria 4.0 feita para a pesquisa. Os termos usados pela comunidade internacional “industry 4.0”, “fourth industrial revolution”, “industrial revolution 4.0”, em língua inglesa, e “industrie 4.0”, termo alemão, representam de forma satisfatória a situação da pesquisa sobre o tema em todo o mundo. Os termos equivalentes em chinês “工业 4.0” e “行业 4.0” - sinônimos para indústria 4.0 - e “第四次工业革命” - quarta revolução industrial – são suficientes para a investigação da pesquisa em língua chinesa. Por fim, os termos em português “indústria 4.0” e “quarta revolução industrial” seriam os termos equivalentes para investigar a situação da pesquisa sobre o tema em língua portuguesa.

Escolha das Plataformas

O Google Scholar, apesar de ser limitado na disponibilização de métricas para a análise e de apresentar um alto nível de duplicações de resultados e de inconsistência de dados, possui um caráter mais abrangente e multilíngue que outras plataformas, possibilitando uma visão geral da pesquisa em português, chinês, inglês e outros idiomas.

Como uma das plataformas mais ricas em número de publicações disponíveis para o público aberto, o GS apresenta uma boa fonte para avaliação holística de como a indústria 4.0 está se desenvolvendo na dimensão acadêmica ao redor do mundo. Uma pesquisa recente (HARZING & ALAKANGAS, 2016) demonstrou que, em média, o WoS continha apenas 23% das citações do GS para as ciências sociais, e apenas 7% para as humanas. Para a plataforma Scopus, os números eram de 30% e 11%, respectivamente.

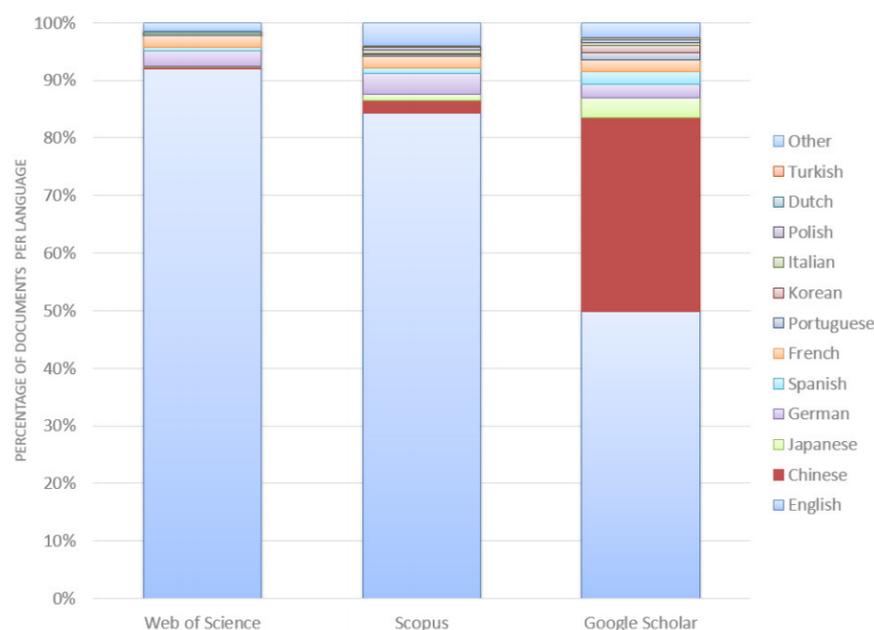
Figura 5 – Sectional coverage of Google Scholar, WoS Core Collection and Scopus



Fonte: Google Scholar as a data source for research assessment, López-Cózar et al. (2018)

Como é de interesse do trabalho enriquecer a visão sobre as publicações do tema indústria 4.0 no Brasil e na China, o uso do Google Scholar é necessário por ele ser a base de dados mais multilíngue, com uma grande parcela de seus artigos sendo na língua chinesa (simplificado e tradicional) em comparação com as outras bases de dados (López-Cózar, et al., 2018).

Figura 6 – Distribution of the languages of documents indexed in Google Scholar, Scopus, and WoS (1800-2016)



Fonte: Google Scholar as a data source for research assessment, López-Cózar et al. (2018)

No entanto, é importante notar que uma das razões para o acervo disponível pelo GS ser tão maior que das outras bases de dados deve-se à sua característica de ferramenta de busca em repositórios de dados, universidades ou sites acadêmicos terceiros, ao contrário do WoS, que é uma base de dados bibliográfica propriamente dita.

O GS possui uma ferramenta avançada de busca, mas não apresenta detalhes tão completos quanto os disponíveis no WoS ou CNKI. Além disso, seus resultados englobam tipos de materiais diversos, como livros e artigos de revistas não científicas. Em função do seu volume de dados, o GS representa a escolha ideal para traçar um panorama geral do estado das publicações globais a respeito da indústria 4.0, mas precisa ser complementado por outras plataformas que disponham de mais detalhes sobre a produção científica no Brasil e na China.

A WoS foi escolhida por ser uma base bem consolidada e amplamente utilizada. Entre suas vantagens mais relevantes está a facilidade de se trabalhar com dados quantitativos e a publicação de trabalhos de alta qualidade produzidos por instituições do Brasil e da China publicados em inglês. Apesar da base de dados Scopus apresentar um maior número de revistas exclusivas, a área de ciências naturais e engenharia no Brasil possui

representação equivalente nas duas bases de dados, conforme mostra Mongeon (2016). Assim, o WoS garante o aumento da confiabilidade da pesquisa e é suficiente para representar as publicações do Brasil.

Para completar o estudo ainda é necessária uma base de dados em língua chinesa, que auxilie a complementar as revisões bibliográficas já existentes que, em sua maioria, estudam apenas publicações em inglês. Durante a primeira década do milênio, um processo de internacionalização de jornais acadêmicos na China continental foi promovido pelo National Natural Science Foundation of China (NNSFC), através de um programa chamado Key Academic Journal Fund Project, iniciado em 1999 e estendido até 2006 (Wang, et al., 2007). Através do apoio de jornais específicos, foi promovido o uso da língua inglesa, avaliação *peer-review* internacional, assim como uma maior orientação a leitores internacionais em novos artigos produzidos por instituições chinesas. Porém, a maior parte dos artigos publicados no país são ainda na língua chinesa, sendo que apenas alguns possuem traduções integrais ou pelo menos seus abstracts em inglês (LU, 2004). Em 2009, a China possuía 7.382 jornais acadêmicos, em 2014 haviam cerca de 9.549 (Li & Xiao, 2014), e no início de 2019 haviam 11.182 jornais acadêmicos (CNKI, 2019), sendo que quase todos são financiados pelo governo. Hoje, a China conta com diversas bases de dados online disponíveis para pesquisadores do mundo todo, e com um número significativo de publicações na língua inglesa. Entre as bases mais famosas está o TYData/ Qikan (中文期刊服务平台), que possui mais de 66 milhões de artigos indexados, e o China National Knowledge Infrastructure - CNKI (中国知网), um projeto de construção de informação nacional liderado pela Universidade Tsinghua (清华大学) e apoiado por diversos ministérios do governo chinês, e que é hoje a maior e mais usada biblioteca digital na China (ZHAO & QIU, 2005). Sua base de dados para periódicos é o China Academic Journal Network Publishing Database, um subprojeto do “11º plano quinquenal” da República Popular da China, e contava com um total de aproximadamente 54 milhões de artigos completos. Por isso, optou-se pela seleção do CNKI como a terceira e última base de dados, completando a pesquisa com a produção acadêmica de alta qualidade em língua chinesa.

Figura 5 – Divisão das Plataformas



Fonte: Os autores (2019)

A figura acima sumariza a escolha das plataformas para este trabalho, mostrando a origem dos países dos artigos pesquisados em cada plataforma e os idiomas utilizados para cada uma dessas pesquisas

Processo de Pesquisa

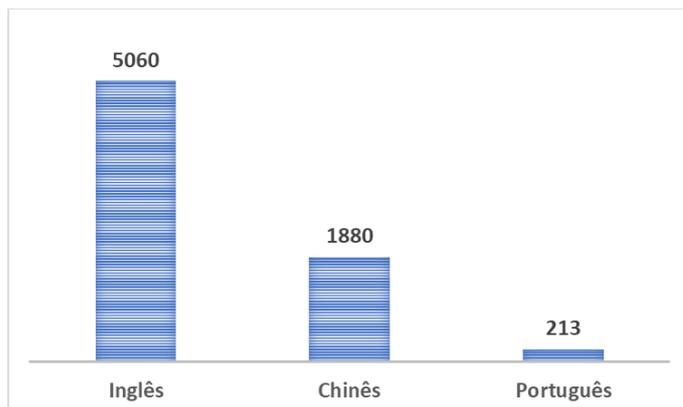
Google Scholar

A pesquisa feita no Google Scholar restringiu as buscas aos títulos das publicações, excluindo patentes e citações. Na primeira consulta, realizada com o intuito de investigar a situação da pesquisa acadêmica sobre a indústria 4.0 no universo da língua inglesa representada no GS, a busca se deu através dos seguintes operadores lógicos e sintaxe: <allintitle: "industrie 4.0" OR "industry 4.0" OR "fourth industrial revolution" OR "4th industrial revolution" OR "industry revolution 4.0">, não incluindo patentes e citações. Essa primeira iteração de pesquisa retornou um valor de 5.060 resultados que, como veremos a seguir, é o valor mais expressivo entre as bases de dados pesquisadas.

Na segunda consulta, com o intuito de investigar a situação da pesquisa acadêmica sobre a indústria 4.0 na China, foram pesquisados os termos em língua chinesa: <allintitle: “工业 4.0” OR “行业 4.0” OR “第四次工业革命”>. A segunda iteração de pesquisa retornou um valor de 1.880 resultados. Notou-se que o termo “行业 4.0” é muito pouco utilizado e não trouxe ganhos numéricos em resultados.

Na terceira consulta, com o intuito de investigar a situação da pesquisa acadêmica sobre a indústria 4.0 no Brasil, foram pesquisados os termos em língua portuguesa, apenas em páginas em língua portuguesa: <allintitle: "indústria 4.0" OR "quarta revolução industrial" OR "4ª revolução industrial">. A terceira iteração de pesquisa, limitando a pesquisa a páginas em português, retornou um valor de 213 resultados.

Figura 6 – Número de publicações no GS por idioma

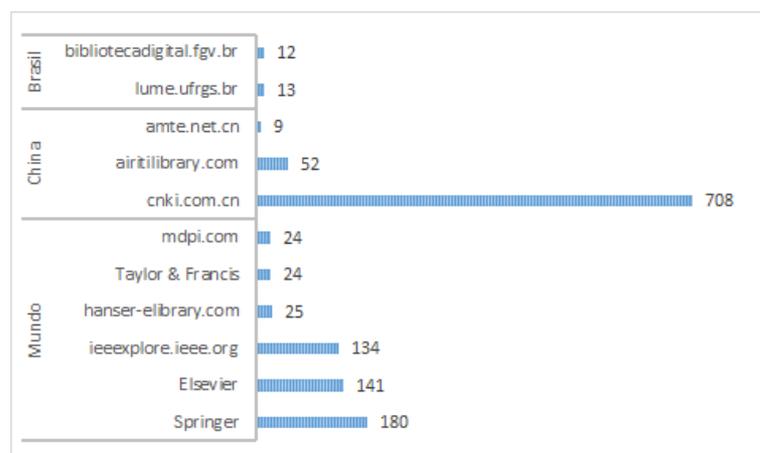


Fonte: Os autores (2019)

Dos 1000 primeiros resultados encontrados em chinês do Google Scholar, 70.8% têm como *academic publisher* o CNKI, 5.2% originaram-se no Airiti Library e 0.9% são diretamente do site do *journal*, Tecnologia de Manufatura Aeronáutica (航空制造技术). Já para o universo de artigos do GS em português, 1.4% tem como *academic publisher* a *bibliotecadigital.ipb.pt* (Instituto Politécnico de Bragança), 1.3% *lume.ufrgs.br* (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) e empatados em 1.2% *bibliotecadigital.fgv.br* (Fundação Getúlio Vargas) e *repositorium.sdum.uminho.pt* (Universidade do Minho). Dos 1000 primeiros resultados gerais, em sua maioria em inglês, os principais publishers são Springer, com 19% das publicações, Elsevier e a biblioteca do IEEE, com 14% das publicações cada.

A figura abaixo sumariza esses dados para as regiões de interesse. Sua análise mostra que o idioma chinês concentra fortemente suas publicações sobre o tema no CNKI, mostrando que a escolha da plataforma é adequada. Além disso, o cenário das pesquisas em português e em inglês não demonstraram alto grau de concentração.

Figura 7 – Número de artigos dos principais academic publisher em português, chinês e em qualquer idioma



Fonte: Os autores (2019)

Notou-se durante a análise dos principais artigos do WoS que alguns deles não são encontrados no GS em função da limitação de sua ferramenta de pesquisa que, por razões de praticidade, obrigou que a pesquisa fosse feita apenas no título das publicações, deixando de fora artigos que tratam de indústria 4.0 ou quarta revolução industrial apenas em seus *abstracts* ou *keywords plus*.

Web of Science

No Web of Science, antes de se realizar uma pesquisa concentrada nos artigos do Brasil, realizou-se uma primeira consulta com o intuito de investigar a situação da pesquisa acadêmica sobre a indústria 4.0 em todo o mundo representada na plataforma. Os termos foram inseridos na ferramenta de pesquisa avançada pela combinação com o operador booleano “OR” para pesquisas distintas, da seguinte forma: <TS = (industr* NEAR/0 4.0)> OR <TS= (industr* NEAR/0 revolution NEAR/0 4.0)> OR <TS=((fourth or 4th) NEAR/0 industr* NEAR/0 revolution)>.

TS (*topic search*) é um rótulo de campo que permite a busca avançada de um termo nos seguintes campos: título, *abstract*, palavras-chave e *keyword plus* (termos de indexação gerados automaticamente a partir dos títulos de artigos citados). O operador NEAR/x significa que a palavra pode estar separada por até x palavras da outra. Por exemplo, TS = (industria near/5 4.0) retorna desde textos que tenham "indústria 4.0" como tópico, até os que tenham "forno da indústria na temperatura 4.0 graus", caso que fugiria do escopo procurado. O asterisco “*” na palavra “industr*” permite que o termo

seja “truncado” e faz com que a procura se dê tanto pelo termo “industry” quanto por “industrial” ou “industrie”.

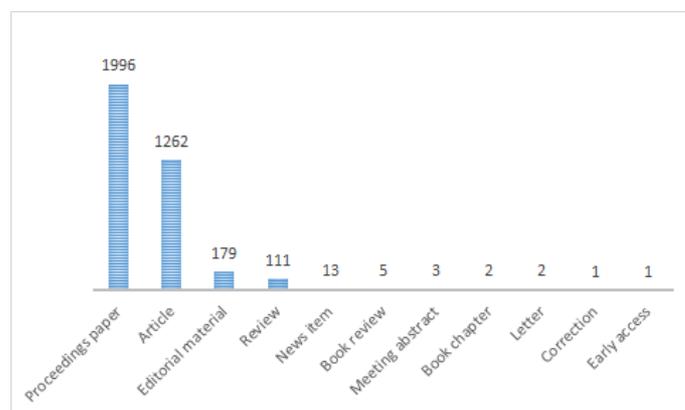
Figura 8 – Número de artigos de todo o mundo no WoS

# 4	3.535	#3 OR #2 OR #1 Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2011-2019
# 3	88	TS= (industr* NEAR/0 revolution NEAR/0 4.0) Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2011-2019
# 2	724	TS=((fourth or 4th) NEAR/0 industr* NEAR/0 revolution) Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2011-2019
# 1	3.129	TS = (industr* NEAR/0 4.0) Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2011-2019

Fonte: Os autores (17/04/2019)

Foram encontrados 3.535 resultados, como mostra a figura acima, que compila o número de artigos de todo o mundo encontrados para cada uma das pesquisas, assim como o número total combinando as três pesquisas. Quanto ao tipo, a maior parte dos artigos são de conferências (*proceedings paper*), artigos, material editorial e artigos de revisão, como mostra a figura abaixo. Esse resultado corrobora com a visão discutida anteriormente de que em relação ao GS, o WoS apresenta um melhor filtro para materiais científicos.

Figura 9 – Número de publicações no WoS por tipo de publicação



Fonte: Os autores (2019)

“Proceedings Paper” representa publicações de conferências, simpósios, seminários, colóquios, workshops e convenções. “Article” representa relatórios de pesquisas em trabalhos originais, incluindo *papers* de pesquisas, comunicados, relatórios de cases, notas técnicas e *papers* publicados em revistas científicas. “Editorial Material” representa artigos de opinião de uma pessoa, grupo ou organização, incluindo editoriais, entrevistas, comentários, discussões entre indivíduos. “Review” representa estudos

renovados de materiais previamente estudados e, em geral, não apresentam novas informações sobre o tema.

Levando em conta que a busca no WoS tem como objetivo identificar a produção científica a respeito da indústria 4.0 no Brasil, foi realizada uma segunda pesquisa na qual adicionou-se a seguinte sintaxe para cada uma das buscas: <AND CU = Brazil>. CU é um rótulo de campo para restringir a busca a um determinado país/região. Foram encontrados 119 resultados, conforme mostra a figura abaixo.

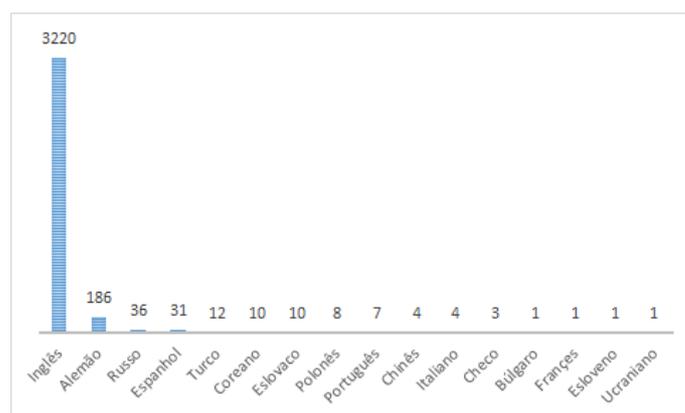
Figura 10 – Número de artigos do Brasil no WoS

# 4	119	#3 OR #2 OR #1 <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2011-2019</i>
# 3	107	TS = (industr* NEAR/0 4.0) AND CU = Brazil <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2011-2019</i>
# 2	2	TS= (industr* NEAR/0 revolution NEAR/0 4.0) AND CU = Brazil <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2011-2019</i>
# 1	30	TS=((fourth or 4th) NEAR/0 industr* NEAR/0 revolution) AND CU = Brazil <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=2011-2019</i>

Fonte: Os autores (17/04/2019)

Os resultados da análise dos idiomas das publicações do WoS mostram o que se esperava, que a maioria quase absoluta das publicações da plataforma são Inglês (91.1%). Chama a atenção a quantidade significativa de publicações em Alemão (5.3%) e Russo (1.0%).

Figura 11 – Número de publicações sobre indústria 4.0 no WoS por idioma



Fonte: Os autores (2019)

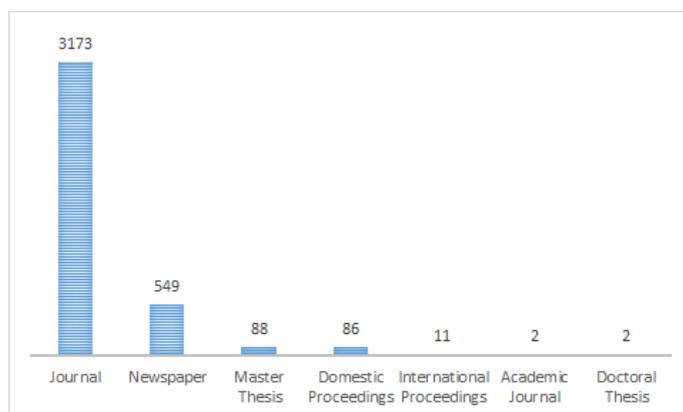
CNKI

No CNKI foi realizada uma única pesquisa com o intuito de investigar a situação das publicações acadêmica sobre a indústria 4.0 na China. Para esta pesquisa, foram inseridos, na ferramenta de pesquisa profissional/especializada (专业检索) da plataforma, termos na seguinte forma: <SU = '工业 4.0' OR SU = '第四次工业革命'>.

SU (Subject) é o rótulo de campo que pesquisa termos de uma maneira ampla no artigo e utiliza um algoritmo de busca específico da plataforma. É o mais próximo e poderia ser considerado equivalente ao rótulo de campo “Topic” utilizado na pesquisa realizada no WoS, pois abrange os principais campos que descrevem um artigo.

A pesquisa, com intervalo entre 2011 e 2019 retornou 3.911 resultados. Entre esses resultados há periódicos, teses de mestrado e doutorado, publicações de conferências domésticas e internacionais e artigos de jornais, conforme mostra a figura 12 abaixo. Comparando com o WoS, percebe-se uma proporção maior de artigos de jornais não científicos e uma proporção menor de publicações de conferências.

Figura 12 – Número de publicações no CNKI por tipo de publicação



Fonte: Os autores (2019)

Semelhanças e Diferenças das Plataforma

Há uma dificuldade de unificar resultados das três plataformas, dado que suas saídas de dados não são homogêneas e possuem características diferentes. O Google Scholar, por exemplo, não possui uma opção para exportação de dados das publicações de maneira direta. O quadro abaixo

explica os pontos característicos de cada plataforma que impactaram na consecução dos objetivos do estudo.

Quadro 2 – Comparação entre as funcionalidades das bases de dados

	Google Scholar	Web of Science	CNKI
Idioma	Possui maior amplitude de resultados em português e chinês, além de inglês.	Publicações em chinês e português são restritas, porém abrange grande parte das publicações relevantes em inglês.	Representa bem as publicações em Chinês, mas não abrange outros idiomas.
Ferramenta de buscas	Pesquisa de termos se restringe a duas opções: título ou qualquer lugar no texto. Quando se busca através do software <i>Publish or Perish</i> , não é possível utilizar operadores lógicos na pesquisa dentro do título.	Completa e com uma série de diferentes operadores e opções para refinar a busca da maneira desejada.	Completa e com uma série de diferentes operadores e opções para refinar a busca da maneira desejada.
Softwares de auxílio	<i>Publish or Perish</i> auxilia na análise de métricas de publicação e exportação de dados. Entretanto, os <i>outputs</i> disponibilizados contém muita sujeira de dados, como títulos e nome de autores truncados, o que dificulta a análise externa.	Possui uma ferramenta de análise embarcada, <i>Clarivate Analytics</i> , além de exportar dados compatíveis com software <i>VoS Viewer</i> .	Possui uma ferramenta de análise gráfica própria com uma série de diferentes maneiras de visualizar os resultados de maneira agregada.
Análise Qualitativa	Acesso aos <i>abstracts</i> ou textos completos devem ser feitos um a um, na página de um terceiro.	Permite a exportação de <i>abstracts</i> de todos os artigos pesquisados de maneira unificada.	Possui um software próprio para a análise qualitativa, CNKI E-STUDY.

Fonte: Os autores (2019)

4.2 Apresentação e Inter-relação de Dados

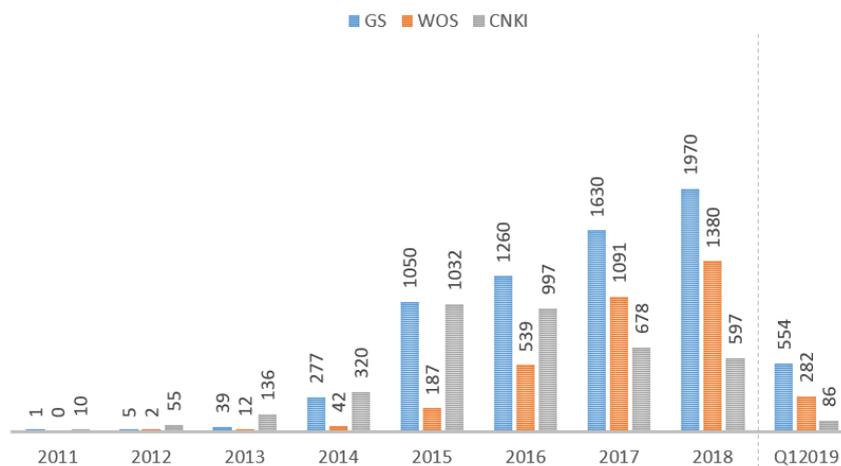
Serão expostos e analisados dados quantitativos encontrados nas três plataformas, com o intuito de trazer um panorama geral da situação da pesquisa sobre indústria 4.0 nos países de interesse e no mundo.

Evolução Histórica

A análise das publicações ano a ano mostram uma tendência de queda numérica nas pesquisas sobre o tema no CNKI entre 2016 e 2018, enquanto há crescimento constante nos números do WoS e GS ao longo dos anos. O

ano de 2019 corresponde a artigos publicados até e o mês de abril, primeiro trimestre.

Figura 13 – Evolução do tema ano-a-ano pelo número de artigos publicados em cada plataforma



Fonte: Os autores (2019)

Os artigos pioneiros sobre o tema começaram a ser publicados no ano de 2011 no GS e CNKI, e apenas em 2012 no WoS. Entre os primeiros artigos chineses, Hu Angang discute que a China perdeu a oportunidade de se industrializar nas 1ª e 2ª revoluções industriais. Já na 3ª revolução, Deng Xiaoping, com a abertura do país para o mundo, levou a economia chinesa de “atrasada” para “competitiva”. Agora, com a 4ª revolução, a China tem a oportunidade de figurar no topo da liderança global (HU, 2011). Outros artigos argumentam que há uma crise econômica na indústria global causada pela escassez de matéria prima, e que a solução para essa crise é o desenvolvimento de uma economia verde, com a utilização de novas energias, e o desenvolvimento de recursos de informatização para as indústrias (WANG, 2011), (WEI, 2011), (ZHANG, 2011).

A primeira publicação chinesa no WoS foi feita em 2013, e faz o estudo de caso de uma mina de carvão em que são aplicados CPS e comunicação M2M, utilizando tecnologia Ultra-Wideband (UWB) de rádio localização para um sistema de rastreamento (XU, et al., 2013). Já as primeiras publicações brasileiras ocorreram apenas em 2015, entre as quais estão o trabalho de Wermann (2015), em que se analisa os impactos das novas tecnologias no currículo de um curso superior de engenharia em uma universidade na Europa. Além dessa, também há o trabalho de Polônia (2015), que faz um estudo de caso em uma célula de manufatura flexível com monitoramento e controle na

web e comunicação M2M e o trabalho de Pisching (2015), que analisa serviços em manufatura na nuvem (IoS).

Principais Autores

O autor que mais publicou no WoS foi o português Paulo Leitão (H-Index=32), PhD em Engenharia Elétrica e da Computação, do Instituto Politécnico de Bragança, com 21 artigos publicados ao todo, sendo um desses artigos publicados em parceria com a China. No segundo lugar, com 20 artigos publicados, há um empate. Reiner Anderl (H-Index=22), professor na TU Darmstadt (Alemanha) publicou 5 de seus artigos sobre indústria 4.0 em parceria com o Brasil. Stefan Jeschke (H-Index=17) é pesquisador da NVIDIA *Gameworks*, também publicou 20 artigos. Também empatados com 20 artigos, há dois pesquisadores chineses da South China University of Technology SCUT (华南理工大学), que publicam juntos, Li Di e Wan Jiafu (H-index=41).

Os temas de pesquisa desse grupo abrangem várias áreas da tecnologia, especialmente relacionadas a computação, incluindo aplicações de *cloud* em *smart factory* e aplicações de IA.

Empatados com 15 publicações, estão o chinês Wang Shiyong, participante do grupo da SCUT, Marga Marcos (H-index=17), da University of the Basque Country e Birgit Vogel-Heuser (H-index=32), professora na TU München.

No Brasil, Fernando Deschamps (H-index=7) e Eduardo Rocha Loures, professores da PUC-PR, formam um grupo de pesquisa com 8 publicações. Os dois orientam vários projetos sobre integração e interoperabilidade em indústria 4.0, soluções integradas de arquitetura para I4.0, proposições de modelos teóricos e práticos com aplicações de caso para a indústria automotiva.

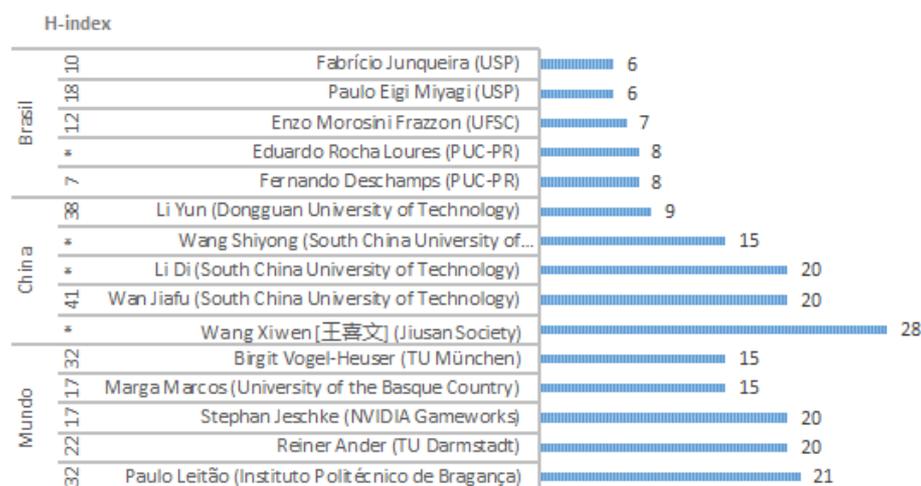
Enzo Morosini Frazzon (H-index=12), professor da UFSC, possui 7 publicações, muitas em temas relacionados a cadeia de suprimentos. Fabrício Junqueira (H-index=10), e Paulo Eigi Miyagi (H-index=18), professores da USP, formam um grupo de pesquisa com 6 publicações.

No CNKI há muitas duplicações de resultados nos resultados de autores, o que gera uma grande “sujeira” nos dados, no entanto é notável o trabalho de

Wang Xiwen (王喜文), membro da Jiusan Society (九三学社) e reitor da Huaxia Industrial Network Intelligent Technology Research Institute(华夏工联网智能技术研究院), com 28 publicações, sendo portanto o autor que mais pública sobre o tema em chinês. Entre seus trabalhos estão interpretações de planos de governos como MiC 2025 e Industrie 4.0.

Também na China, Li Yun (H-index=38), professor na Dongguan University of Technology (东莞理工学院), possui 9 publicações somadas as duas plataformas, entre as quais um estudo dos impactos da Indústria 4.0 em recursos humanos. A figura 14 mostra que os autores chineses estão entre os principais do mundo na área e também entre os que possuem os maiores H-Index entre os pesquisadores do tema. Do lado esquerdo do nome de cada autor, está mostrado seu respectivo H-index, e do lado direito está o número de publicações desse autor somando publicações no WoS e CNKI.

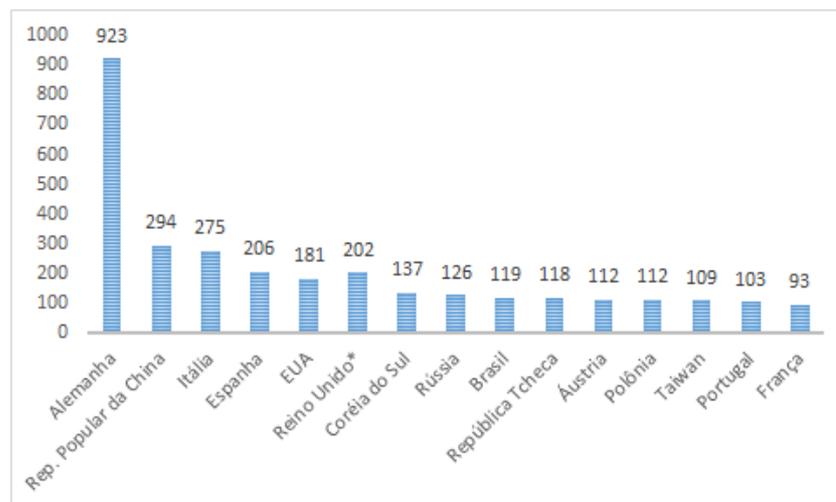
Figura 14 – Número de publicação dos principais autores na área em cada país



Fonte: Os autores (2019)

Países Publicantes

O WoS é a plataforma mais qualificada para se analisar os países e regiões com maior participação em publicações sobre o tema, pois representa bem a literatura científica em inglês de todo o mundo. A figura 15 mostra os quinze países que mais participam em pesquisas de Indústria 4.0 no WoS, de um total de 87. Pode ocorrer de um único artigo estar representado por dois ou mais países.

Figura 15 – Número de publicações por país no WoS

* Reino Unido inclui publicações de Inglaterra, Wales, Escócia e Irlanda do Norte

Fonte: Os autores (2019)

A Alemanha participa em 26,1% das publicações, sendo a líder em publicações sobre o tema. Em segundo lugar, está a República Popular da China, com participação em 8,3%. O Brasil é o nono país com maior participação, tendo participado em 3,4% das publicações. Chama a atenção o fato de países de língua inglesa não estarem entre os quatro primeiros colocados, mesmo em uma plataforma em que predomina o idioma inglês que, como vimos anteriormente, é responsável por 91.1% das publicações.

Dispensa-se fazer análise semelhante para o CNKI, dado que o universo de publicações pesquisados na plataforma é exclusivamente em chinês.

Principais Artigos

Mundo

Alguns dos principais artigos de todo o mundo sobre a indústria 4.0 foram analisados no capítulo 2 (Revisão Bibliográfica). Do panorama geral, já foram descritos o terceiro artigo mais citado no GS e segundo mais citado do WoS (Lasi, et al., 2014), o segundo artigo mais citado no GS e quarto mais citado do WoS (Hermann, et al., 2015) e, o sexto artigo mais citado no GS e quinto mais citado do WoS (Drath & Horch, 2014).

Dos dez primeiros artigos do GS, apenas três não aparecem na plataforma WoS, entre eles o artigo mais citado do GS, com 1429 citações (Lee, et al., 2015). Nele, é proposta uma arquitetura unificada de 5 níveis como uma

diretriz para a implementação de um CPPS de maneira sequencial. O primeiro nível trata de conexões inteligentes, para a aquisição de dados iniciais. O segundo trata da conversão de dados para informações. O terceiro nível é cibernético, em que são feitas análises de dados em massa, permitindo a comparação histórica e a comparação entre máquinas. O quarto nível é de cognição, em que o CPS auxilia na tomada de decisão por simulações, visualização remota para humanos e diagnóstico colaborativo. O quinto nível é de configuração, em que o *feedback* do espaço cibernético para o espaço físico faz das máquinas autoconfiguráveis e auto adaptáveis.

O artigo mais citado do WoS, com 280 citações, é do mesmo autor. Nele são apresentadas as transformações de serviços de manufatura com a introdução de big data e analisadas a prontidão de ferramentas inteligentes de informática no gerenciamento de grande volume de dados. O artigo faz o estudo de caso da aplicação de seus conceitos em um sistema de manutenção remota de veículo-máquina da multinacional japonesa Komatsu utilizado em mineração e construção (Lee, et al., 2014).

Os dez artigos mais citados no Google Scholar são os apresentados em ordem no quadro abaixo, em que a primeira coluna mostra o número de citações no GS e no WoS (entre parênteses), e a última coluna mostra o ranking de citação do artigo na plataforma WoS.

Quadro 3 – Os 10 artigos mais citados em qualquer idioma no GS e sua comparação com o WoS

Citações	Autores	Título	Origem	Ano	Ordem de citação no WoS
1429	J Lee, B Bagheri, HA Kao	A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems	University of Cincinnati	2015	N/A
1065 (WoS = 201)	Hermann, Mario; Pentek, Tobias; Otto, Boris	Design principles for industrie 4.0 scenarios	Technische Universität Dortmund	2016	4º
818 (WoS = 262)	Lasi, Heiner; Kemper, Hans-Georg; Fettke, Peter; Feld, Thomas; Hoffmann, Michael	Industry 4.0	Universität Stuttgart; German Research Centre for Artificial Intelligence	2014	2º

Citações	Autores	Título	Origem	Ano	Ordem de citação no WoS
751	Malte Brettel, Niklas Friederichsen, Michael Keller, Marius Rosenberg	How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective	World Academy of Science, Engineering and Technology	2014	N/A
721 (WoS = 280)	Lee, Jay; Kao, Hung-An; Yang, Shanhu	Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment	University of Cincinnati	2014	1º
457 (WoS = 190)	Drath, Rainer; Horch, Alexander	Industrie 4.0: Hit or hype?	ABB Corporate Research, Vasteras	2014	5º
440 (WoS = 146)	Wang, Shiyong; Wan, Jiafu; Li, Di; Zhang, Chunhua	Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook	South China University of Technology	2016	8º
420	M Rößmann, M Lorenz, P Gerbert, M Waldner...	Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries	Boston Consulting Group	2015	N/A
360 (WoS = 158)	Wang, Shiyong; Wan, Jiafu; Zhang, Daqiang; Li, Di; Zhang, Chunhua	Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination	South China University of Technology; Tongji University	2016	7º
334 (WoS = 120)	Stock, T.; Seliger, G.	Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0	Technische Universität Berlin	2016	9º

Fonte: Os autores (2019)

República Popular da China

O 1º e 5º artigos mais citados do GS, (ZHANG, 2014) e (HE & PAN, 2015), além do trabalho de Lu (2018), já foram explicados no capítulo 2 (revisão bibliográfica), e estão entre os principais artigos chineses, em conjunto com os do quadro abaixo, que mostra os dez artigos mais citados no Google Scholar em ordem, em que a primeira coluna mostra o número de citações no GS e no CNKI (entre parênteses), e a última coluna mostra o ranking de citação do artigo na plataforma CNKI.

Quadro 4 – Os 10 artigos em Chinês mais citados no GS e sua comparação com o CNKI

Citações	Autores	Título	Origem	Ano	CNKI
72 (CNKI = 84)	张曙 Zhang Shu	工业 4.0 和智能制造 (Industry 4.0 and Smart Manufacturing)	Tongji University	2014	19º
49 (CNKI = 218)	丁纯, 李君扬 Ding Chun, Li Junyang	德国“工业 4.0”: 内容, 动因与前景及其启示 (Germany “Industry 4.0”: content, motivation and prospects and its implications)	Fudan University	2014	4º
33 (CNKI = 110)	黄阳华 Huang Yanghua	德国“工业 4.0”计划及其对我国产业创新的启示 (German “Industry 4.0” Plan and Its Enlightenment to China’s Industrial Innovation)	Chinese Academy of Social Sciences	2015	11º
29 (CNKI = 368)	张曙 Zhangshu	中国制造企业如何迈向工业 4.0 (How Chinese manufacturing companies are moving towards industry 4.0)	Tongji University	2014	1º
27 (CNKI = 190)	李金华 Li Jinhua	德国“工业 4.0”与“中国制造 2025”的比较及启示 (Comparison and Enlightenment of German “Industry 4.0” and “Made in China 2025”)	China University of Geosciences	2015	6º
26 (CNKI = 99)	黄顺魁 Huang Shunkui	制造业转型升级: 德国“工业 4.0”的启示 (Transformation and upgrading of manufacturing industry: Enlightenment from Germany “Industry 4.0”)	Renmin University of China	2015	15º
26 (CNKI = 91)	胡晶 Hu Jing	工业互联网, 工业 4.0 和“两化”深度融合的比较研究 (A Comparative Study of Industrial Internet, Industry 4.0 and “Two Transformations”)	Harbin University of Commerce	2015	16º
26 (CNKI = 115)	王喜文 Wang Xiwen	工业 4.0: 智能工业 (Industry 4.0: Smart Industry)	Center for International Economic and Technological Cooperation - MIIT	2013	10º
24	战重庆 Zhang Chongqing	浅析我国企业预算管理中的问题及对策 (Analysis on the Problems and Countermeasures in the Budget Management of Chinese Enterprises)	China United Network Communications Co., Ltd. Qingdao Branch	2011	N/A
23 (CNKI = 65)	陈志文 Chen Zhiwen	“工业 4.0”在德国: 从概念走向现实 (“Industry 4.0” in Germany: From concept to reality)	University of Duisburg-Essen	2014	25º

Fonte: Os autores (2019)

A análise permitiu notar mais uma vez que o CNKI representa muito bem a literatura científica chinesa, sendo que entre os 9 artigos mais citados no GS, apenas um não foi encontrado entre os 50 mais citados do CNKI. O artigo de língua chinesa mais citado na plataforma WOS é também o artigo mais citado disponível na plataforma CNKI.

Brasil

O artigo mais brasileiro mais citado no WoS (Liao, et al., 2017) foi analisado no capítulo 2. Para se ter uma ideia melhor sobre a produção da academia brasileira em língua portuguesa, foram pesquisados os artigos em português mais citados no Google Scholar, que são os do quadro abaixo:

Quadro 5 – Os 10 artigos em língua portuguesa mais citados em qualquer idioma no GS

Citações	Autores	Título	Instituição	Ano
13	F Sarti, C Hiratuka	Desempenho recente da indústria brasileira no contexto de mudanças estruturais domésticas e globais	UNICAMP	2017
9	GM Daudt, LD Willcox	Reflexões críticas a partir das experiências dos Estados Unidos e da Alemanha em manufatura avançada	UNICAMP	2016
8	RWA Aires, FK KEMPNER-MOREIRA, PS Freire	Indústria 4.0: competências requeridas aos profissionais da quarta revolução industrial	UFSC	2017
8	PMN Coelho	Rumo à indústria 4.0	Universidade de Coimbra	2016
7	LF Rodrigues, RA de Jesus, K Schützer	Industrie 4.0: Uma revisão da literatura	UNIMEP	2016
6	C DA COSTA	Indústria 4.0: o futuro da indústria nacional	Instituto Federal de São Paulo	2017
5	G Arbix, MS Salerno, E Zancul, G Amaral, LM Lins	O Brasil e a nova onda de manufatura avançada: o que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos	Universidade de São Paulo	2017
5	C Alves Farias, J Zaleski Neto, LF Zulietti, S Ruggiero	No limiar da quarta revolução industrial: iniciativas para sustentabilidade por empresas líderes do setor automotivo rumo a nova economia	FUMEC	2013

Citações	Autores	Título	Instituição	Ano
4	RM SILVA, DJ Santos Filho, PE Miyagi	Modelagem de Sistema de Controle da Indústria 4.0 Baseada em Holon, Agente, Rede de Petri e Arquitetura Orientada a Serviços	Universidade Estadual de Santa Cruz; Universidade de São Paulo	2015
4	R SCHRÖDER, F de Lima NUNES, CF Vieiro, FM Menezes	Análise da Implantação de um Processo Automatizado em uma Empresa Calçadista: Um Estudo de Caso a Luz do Sistema Hyundai de Produção e a Indústria 4.0	FEEVALE	2015

Fonte: Os autores (2019)

O artigo mais citado analisa fatores domésticos e internacionais que levaram a evolução negativa da indústria brasileira entre 2014 e 2016, e explora os riscos e desafios para o desenvolvimento industrial e tecnológico brasileiro, apontando a Indústria 4.0 como oportunidade para a indústria nacional, mas ao mesmo tempo como um risco do país diminuir ainda mais sua competitividade industrial (SARTI & HIRATUKA, 2017).

O segundo artigo mais citado avalia como a experiência em políticas públicas de indústria 4.0 da Alemanha e dos EUA se assemelham em intenção de criação de novos mercados e incentivo para o surgimento não espontâneo dos avanços tecnológicos necessários para o futuro da manufatura. Também faz breves recomendações para as políticas industriais do Brasil (DAUDT & WILLCOX, 2016).

O terceiro artigo mais citado constatou, por revisão bibliográfica de artigos científicos na base de dados Scopus e outros estudos, que as competências mais requeridas dos trabalhadores da indústria 4.0 são: criatividade, inovação, comunicação, solução de problemas e conhecimentos técnicos. (AIRES, et al., 2017)

CONCLUSÕES

A análise dos principais artigos por meio dos artigos mais citados acaba por excluir artigos mais recentes, que ainda não tiveram tempo de obter muitas citações, mas que ainda assim podem ter um número de citação por tempo de existência (desde a data de sua publicação) maior que a dos artigos mais citados.

Também se observou, através das análises dos principais artigos em cada idioma no GS, que os artigos em inglês possuem um número de citações muito maiores que os artigos em chinês, que por sua vez possuem mais citações que os artigos em português. A figura abaixo ilustra esse cenário.

Figura 16 – Número de citações dos principais artigos em português, chinês e em inglês



Fonte: Os autores (2019)

No capítulo 5 do trabalho serão analisados os 50 artigos brasileiros mais citados para o WoS, de um universo de 119 artigos encontrados, e os 50 artigos chineses mais citados no CNKI, de um universo de 3911. Assim, será complementada a análise feita na presente seção.

Revistas Científicas

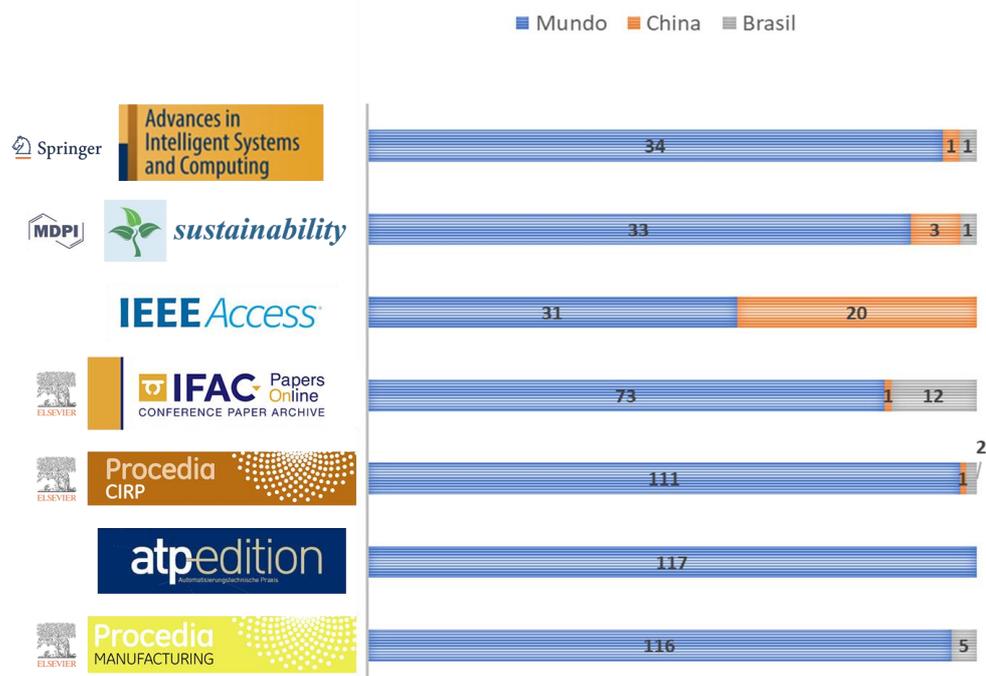
WoS

Das 1.779 revistas com registros na pesquisa geral do WoS, as 10 revistas que mais publicam são as únicas que representam mais de 1% de registro de publicações. Isso mostra uma grande pulverização de revistas, em especial porque muitas revistas são edições especiais de uma única conferência. A revista que mais publica sobre o tema no mundo é a *Procedia Manufacturing*, com 3.4% do total de registros. Nela, são publicados artigos das principais conferências de engenharia de manufatura, incluindo tópicos emergentes. A segunda revista que mais publica, com 3.3% das publicações, ATP Edition - *Automatisierungstechnische Praxis*, é uma revista alemã cujo título significa “Tecnologia da automação na prática”, e é uma iniciativa da VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik. A terceira, com 3.2% das publicações, é a *Procedia CIRP*, que publica artigos de alta qualidade das conferências CIRP (International Academy for Production Engineering). A quarta, IFAC PAPERSONLINE, publica todos os artigos das reuniões IFAC. A

nona revista mais citada, *Sustainability*, oferece um fórum avançado para estudos relacionados à sustentabilidade e ao desenvolvimento sustentável, tema desse estudo. Foram registrados 1.0% das publicações do WoS na revista *Sustainability*.

A figura abaixo mostra a participação de artigos brasileiros e chineses nas principais revistas sobre indústria 4.0 do mundo.

Figura 17 – Número de artigos brasileiros e chineses publicados nas principais revistas



Fonte: Os autores (2019)

CNKI

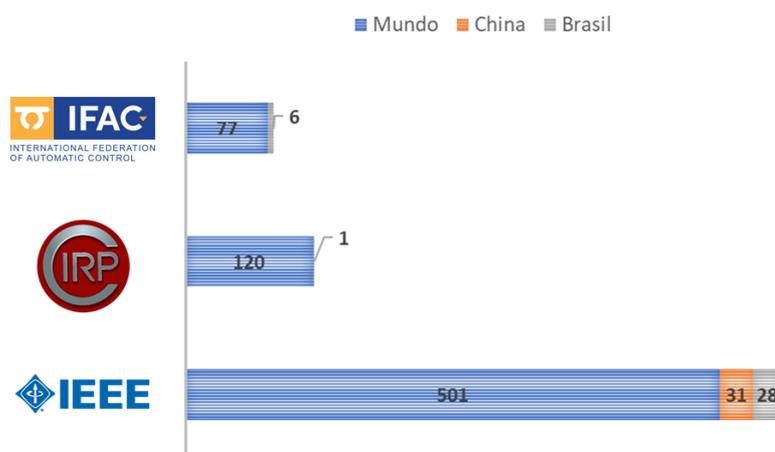
No CNKI, das três revistas mais citadas, a primeira é Programmable Controller & Factory Automation (可编程控制器与工厂自动化), com 79 registros (2.5%), que recentemente mudou seu título para *Smart Factory* (智慧工厂), e é organizada pela China Electrotechnical Society (中国电工技术学会). A segunda revista com mais publicações é Equipment Manufacturing Technology (装备制造), com 34 registros (1.1%), organizada pela Guangxi Mechanical Engineering Society. A terceira, com 31 registros (1.0%), Automation Panorama (自动化博览) é uma revista organizada pela China Automation Society (中国自动化学会).

Principais Conferências

O WoS é a plataforma mais qualificada para se analisar as principais conferências em número de publicações sobre o tema nos dois países de interesse, pois representa bem a literatura científica em inglês de todo o mundo. A conferência que mais contribuiu individualmente para o tema foi a 27ª edição da *International Conference on Flexible Automation And Intelligent Manufacturing* (FAIM) com um total de 52 registros, o que representa 1.5% dos papers, dos quais 4 são do Brasil. A FAIM 2017 é a única edição do evento com publicações registradas na base de dados do estudo.

As organizações que mais realizam eventos são o IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), a CIRP (International Academy for Production Engineering) e o IFAC (International Federation of Automatic Control). A figura abaixo mostra a participação de artigos brasileiros e chineses em eventos dessas organizações.

Figura 18 – Organizadores de Conferências com o maior número de publicações sobre o tema



Fonte: Os autores (2019)

A conferência individual em que o Brasil mais registrou trabalhos foi a International Conference on Industry Applications (INDUSCOM), organizada pelo IEEE, com 14 registros nas suas 12ª e 13ª edições. Na China, o Chinese Automation Congress (CAC) com 4 publicações no WoS, chama a atenção por ser um evento doméstico de relevância, organizado pela Chinese Association of Automation.

Principais Organizações

Após análise de dados do WoS e CNKI, percebeu-se que entre as organizações que mais publicam estão universidades, empresas de pesquisa, empresas de engenharia e *think-tanks*. A figura 19 mostra as principais organizações encontradas no estudo.

Figura 19 – Instituições que mais publicam sobre Indústria 4.0 no Brasil, na China e no Mundo



Fonte: Os autores (2019)

A ordem de explicação dos *clusters* de organizações que mais publicam será feita em duas partes. Na primeira se explicará resultados do WoS e na segunda se explicará os dados do CNKI e como eles interagem com os dados da primeira parte. No total, foram identificados 6 *clusters*: (1) universidades de todo o mundo, (2) empresas de todo o mundo, (3) universidades brasileiras, (4) universidades chinesas, (5) *think-tanks* chineses e (6) empresas chinesas.

Por dados do WoS, observa-se o primeiro *cluster* de universidades de todo o mundo que mais publicaram sobre o tema: RWTH Aachen University, University of Stuttgart e Vienna University of Technology. Além de universidades, a plataforma permite identificar um segundo *cluster* de empresas de todo o mundo com muitas publicações: Fraunhofer Gesellschaft, Siemens AG, Siemens Germany, ABB e Helmholtz Association (maior organização científica da Alemanha). O terceiro *cluster* é o de universidades brasileiras que mais publicaram: Universidade de São Paulo, Universidade Federal de Santa Catarina, Pontifícia Universidade Católica do Paraná,

Universidade Tecnológica Federal do Paraná e Universidade Federal do Paraná. Observa-se que para o Brasil quase todas as principais organizações são universidades, com exceção da empresa Dominus Automação Sistemas Acionamento.

O quarto *cluster* é o das universidades chinesas nos primeiros lugares. Analisando apenas o WoS, o *cluster* seria composto por: South China University of Technology, Shanghai Jiaotong University e Tsinghua University. Pode ser dito que um quinto cluster engloba os *think-tanks* da China, com a Chinese Academy of Science (CAS) no terceiro lugar das organizações que mais publicam no WoS e Shenyang Institute Of Automation (pertencente ao CAS), sendo um dos principais produtores de artigos. Ainda analisando apenas dados do WoS, temos o sexto cluster, de empresas chinesas: Bosch Automotive Products (Suzhou) Co., Ltd. e Suzhou Industrial Park Institute of Services Outsourcing (苏州工业园区服务外包职业学院).

Analisando os resultados do CNKI, por outro lado, foi obtida uma lista de instituições que inclui universidades, jornais, *think-tanks* e iniciativas do governo. Acrescentando ao quinto cluster, de *think-tanks* chineses, está a Chinese Academy of Social Sciences, pertencente ao *Institute of Industrial Economics*, classificada como instituição que mais publica no CNKI. Ainda no quinto *cluster*, as 3^a, 11^a e 24^a posições de publicação na plataforma CNKI são: Center for International Economic and Technological Cooperation (工业和信息化部国际经济技术合作中心), China Electronic Information Industry Development Research Institute (中国电子信息产业发展研究院) e China Institute of Information and Communications Technologies (中国信息通信研究院), todos pertencentes ao MIIT.

Analisando o quarto cluster, de universidades chinesas, o CNKI mostra que há uma grande intersecção de publicações nas duas plataformas para quatro universidades: South China University of Technology, Tsinghua University, Tongji University (同济大学) e Zhejiang University (浙江大学). O quadro abaixo mostra as principais universidades chinesas e seu número de publicação em cada uma das plataformas.

Quadro 6 – Número de Publicações das Principais Universidades da China (Cluster 4)

Universidade	WoS	CNKI
South China University of Technology	33	11
Shanghai Jiaotong University	21	0
Tsinghua University	11	31
Tongji University	5	22
Zhejiang University	5	13
Chongqing University	2	14
Peking University	1	19
East China Normal University	1	16

Fonte: Os autores (2019)

No CNKI também são encontradas duas empresas entre as principais organizações: Siemens AG e Siemens China LTDA. Essas empresas já estão incluídas no segundo cluster, de empresas de todo o mundo, e podem ser incluídas no sexto cluster, de empresas chinesas. Isso mostra a força de pesquisa do grupo Siemens na área.

Além disso, o próprio MIIT e o Conselho de Estado figuram entre as principais organizações da plataforma. Os jornais People's Daily (人民日报) e China Industry News (中国产业网) ficaram com a 6ª e 14ª posição do ranking, respectivamente. Por não produzirem *papers*, essas organizações não foram classificadas em nenhum cluster.

Agências Financiadoras

As agências financiadoras que mais apoiam o tema no mundo, de acordo com o WoS, são a Natural Science Foundation of China (国家自然科学基金), a União Européia, através do ERDF (European Regional Development Fund) e da European Commission, e a Alemanha, através de seu Ministério da Educação e da DFG (German Research Foundation).

Quadro 7 – Principais agências financiadoras em geral segundo o WoS, número de publicação em cada plataforma

Agência Financiadora	WoS	CNKI
National Natural Science Foundation of China (国家自然科学基金)	104	46
União Européia*	103	0
BMBF (German Federal Ministry of Education and Research)	89	0
Ministry of Science and Technology of Taiwan	53	0
DFG (German Research Foundation)	50	0

* Junção das categorias União Européia, ERDF (European Regional Development Fund) e European Commission

Fonte: Os autores (2019)

No Brasil Capes, CNPq (18,5%) e a German Research Foundation são as que possuem maior número de trabalhos patrocinados publicados.

Quadro 8 – Número de publicações das principais agências financiadoras no Brasil segundo o WoS

Agência Financiadora	WoS
CAPES	32
CNPQ	22
DFG (German Research Foundation)	10
FAPESP	7
FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia)	5

Fonte: Os autores (2019)

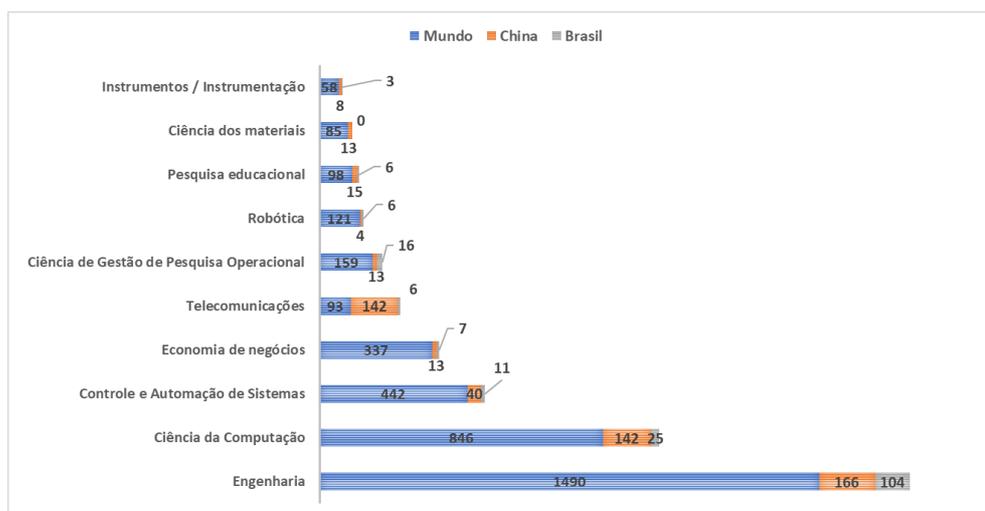
No China, a primeira é o National Social Science Fund of China (国家自然科学基金委员会), além da Natural Science Foundation of China. Observa-se que muitos trabalhos, em especial aqueles em chinês, têm apoio de fundos de ciências sociais, como o National Social Science Fund (国家社会科学基金), que é a instituição que mais publicou trabalhos no CNKI. Também observa-se presença forte de agências provinciais na China, como Jiangsu Provincial Department of Education Humanities and Social Sciences Research e Natural Science Foundation of Guangdong Province.

Áreas de Conhecimento

WoS

As áreas de conhecimento que mais publicam no WoS são, em ordem, Engenharia, Ciência da Computação, Controle e Automação de Sistemas. O Brasil e a China seguem uma lógica parecida na plataforma, exceto que no Brasil, Pesquisa Operacional é segunda área com maior número de publicações e na China, telecomunicações é a terceira. A figura abaixo trás o número de publicações de cada um dos dois países e do mundo em cada uma das principais áreas do conhecimento.

Figura 20 – Principais Áreas de Conhecimentos de Artigos no WoS em proporção do total de artigos publicados em cada Região



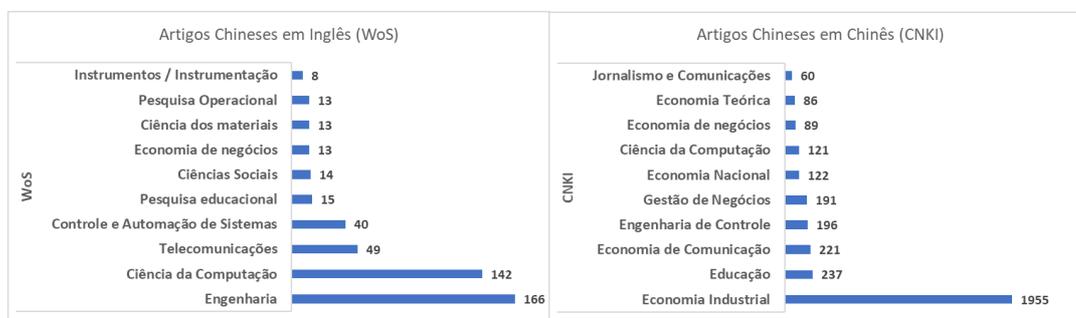
Fonte: Os autores (2019)

Observa-se que a China tem proporção de publicações em telecomunicações e ciência da computação maior que a proporção média mundial, e o Brasil se destaca em proporção de publicações em Engenharia e Pesquisa Operacional.

CNKI

A pesquisa no CNKI permite notar que as áreas de conhecimento estudadas por publicações chinesas em inglês é diferente daquelas em chinês. Enquanto no WoS muitos dos artigos chineses são em áreas correlatas a engenharia, no CNKI a maioria das publicações são em áreas correlatas à economia (Industrial Economy, Communication Economy, National Economy e Theoretical Economy) ou educação, conforme a figura abaixo.

Figura 21 – Principais Áreas de Conhecimentos de Artigos Chineses no WoS e CNKI, número de artigos publicados em cada plataforma



Fonte: Os autores (2019)

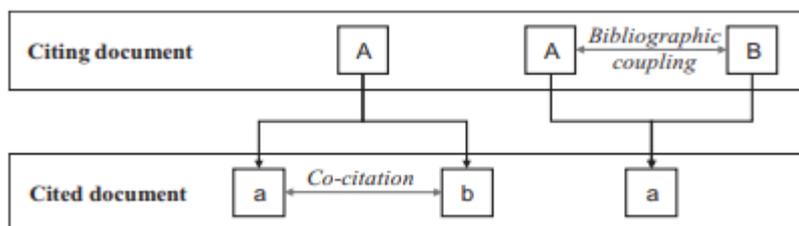
A análise de palavras-chave no CNKI permite notar uma grande preocupação dos artigos com planos de governo, como o MiC 2025 (中国制造 2025) e Internet + (互联网+). A figura acima mostra uma rede com as principais palavras-chave da plataforma e a força de ligação entre elas.

4.3 Detalhamento, modelo integrador e validação por evidências

A terceira etapa do TEMAC analisa os núcleos de abordagem das pesquisas por meio das análises de *co-citation* e *bibliographic coupling*, que permitem mapear a literatura científica de um tema baseado no comportamento de citações dos autores dos trabalhos estudados.

De acordo com Vogel (2012), o fato da análise de *co-citation* mostrar a frequência que dois documentos foram citados juntos na literatura e da análise de *bibliographic coupling* ocorrer quando dois documentos têm pelo menos uma referência em comum, demonstra a diferença fundamental entre as duas análises. A primeira mostra relação de similaridade entre dois artigos citados e a segunda mostra a medida de associação entre dois artigos que citam, conforme a figura abaixo.

Figura 24 – Co-citation e bibliographic coupling



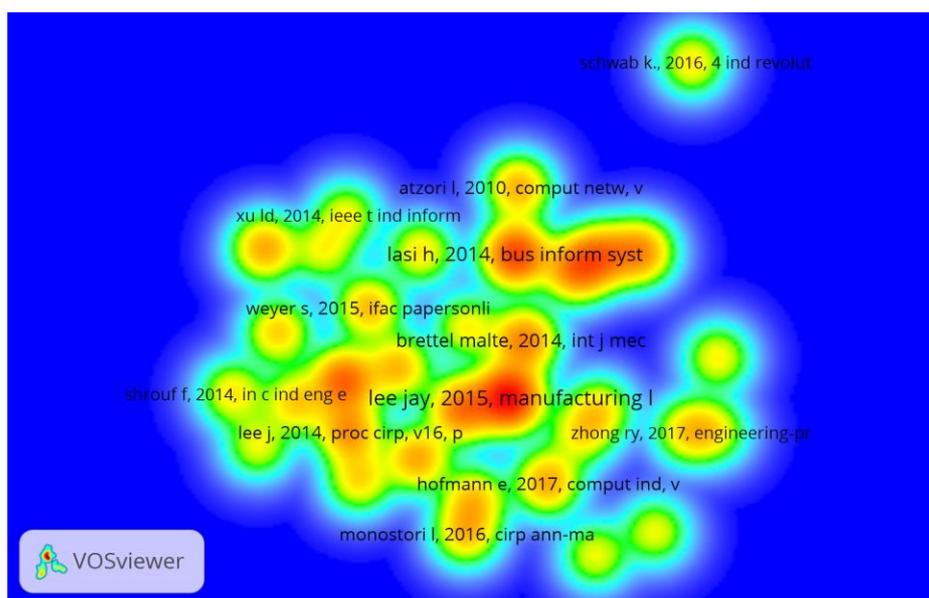
Fonte: Vogel (2012)

Decorre disso que a análise de *co-citation* mostra quais são os principais trabalhos do passado, citados frequentemente por pares de artigos, enquanto o *bibliographic coupling* mostra os temas que estão tendo seguimento de pesquisa para o futuro, pois são os pares de trabalhos que citam artigos em comum, cujos temas são de interesse frequente dos trabalhos que estão sendo publicados. Para as duas análises utilizou-se a base de artigos sobre indústria 4.0 do Web of Science para todo o mundo (sem restringir a países ou línguas).

Análise de *co-citation*

A análise de *co-citation* permitiu encontrar referências importantes para o tema, que engloba artigos que fazem estudo de caso, entrevista com especialistas, apresentação de modelo e/ou conceitos, revisões bibliográficas e simulação numérica de modelos. Esses estudos compõem os núcleos de calor da figura abaixo. Vale à pena notar que alguns desses estudos já foram explorados com mais detalhes no capítulo 2 desse trabalho.

Figura 25 – Mapa de calor da análise de *co-citation*



Fonte: Os autores (2019)

Entre os trabalhos que fazem revisão bibliográfica, destaca-se quatro. O primeiro artigo, por Atzeni, et al. (2010) apresenta visões de diferentes comunidades científicas sobre o paradigma IoT, revisa e ilustra suas tecnologias habilitadoras. O segundo artigo, por Kang, et al. (2016) faz revisão bibliográfica sobre o conceito de *Smart Manufacturing* e analisa as políticas públicas da Alemanha, EUA e Coreia do Sul sobre o tema. O terceiro artigo, por Lu (2017) faz revisão bibliográfica no WoS e GS, classificando 88 artigos em 5 grupos, apontando problemas críticos de integração na Indústria 4.0 e propondo um *framework* para a interoperabilidade. O artigo ainda aponta as diferenças entre o programa Indústria 4.0, mais voltado a avanços tecnológicos, e o programa MiC 2025, que almeja a transformação de toda uma indústria, tendo o aumento em competitividade usando o avanço em tecnologias de produção apenas como um de seus instrumentos. Por fim, o quarto trabalho do tipo (Liao, et al., 2017), representa a revisão bibliográfica mais abrangente

do termo indústria 4.0, fazendo uma análise completa sobre o tema em língua inglesa e explorando planos de governo de um grande número de países.

Também se destacam cinco trabalhos que fazem apresentação de modelos e/ou conceitos para a indústria 4.0. O primeiro artigo, por Kagermann, et al. (2013), é o relatório final do grupo de trabalho da iniciativa do governo alemão, em que são apresentados de maneira pioneira a visão de como a indústria 4.0 pode ser no futuro alemão, bem como o modelo de ações que o governo deve obedecer para alcançar essa visão. O segundo (Lasi, et al., 2014) propõe uma definição para o conceito Industry 4.0. O terceiro trabalho do gênero (Lee, et al., 2015) propõe uma arquitetura unificada de 5 níveis como uma diretriz para a implementação de um CPPS. O quarto (Hermann, et al., 2015), apresenta seis princípios de *design* para a implementação da indústria 4.0. Por fim, o quinto trabalho do tipo (Wollschlaeger, et al., 2017) revisa o impacto dos conceitos de IoT e CPS em automação industrial e avalia o estado dos trabalhos de dois grupos de trabalho da IEEE cujas tecnologias terão grande impacto na automação: em Ethernet, o *time-sensitive networking* (TSN), e em redes sem fio, o 5G.

Dois trabalhos baseiam-se em entrevistas com especialistas para encontrar seus resultados. O primeiro é (Brettel, et al., 2014), que analisa do ponto de vista gerencial as razões para adotar ou não as práticas de indústria 4.0 na fabricação por meio de revisão bibliográfica e entrevista de especialistas. O segundo é (Hofmann & Rüsçh, 2017), que descreve cenários e oportunidades da Indústria 4.0 no contexto do gerenciamento logístico baseado em entrevistas com especialistas e revela oportunidades de descentralização, auto regulação e eficiência.

São cinco os principais trabalhos que fazem estudo de caso ou simulação numérica para validar conceitos propostos. O primeiro é (Lee, et al., 2014), que apresenta as transformações de serviços de manufatura com a introdução de *big data* e analisa a prontidão de ferramentas inteligentes de informática no gerenciamento de grande volume de dados, fazendo estudo de caso de um sistema inteligente de manutenção remota de maquinário da empresa japonesa Komatsu. O segundo trabalho, (Weyer, et al., 2015), parte da premissa de que as soluções de indústria 4.0 apresentadas até o momento são de fornecedores específicos ou sistemas de produção isolados, mas

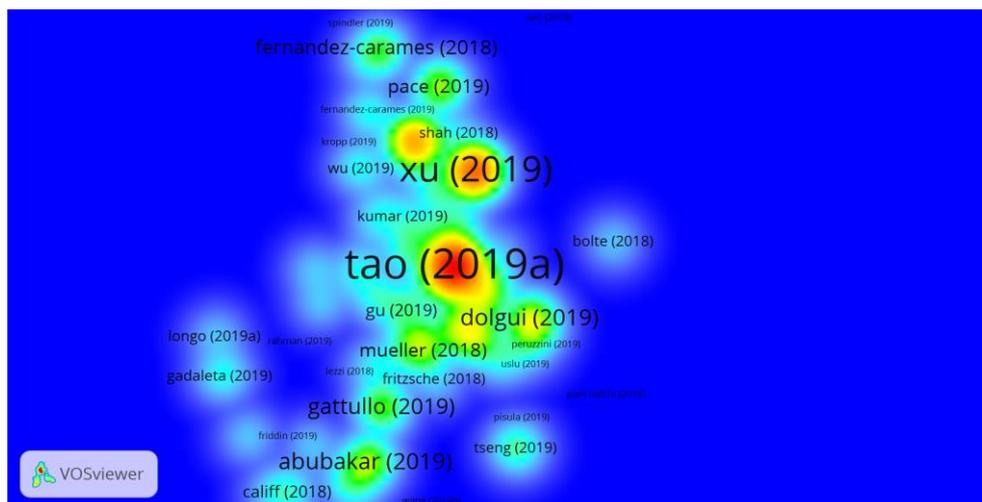
precisarão ser substituídas por soluções abertas e padronizadas. Nesse sentido, o artigo analisa os resultados da iniciativa SmartFactoryKL, que realizou uma amostra de referência de uma linha de produção multifornecedores e altamente modularizado para a indústria 4.0, baseada em conceitos comuns e atividades padronizadas. O terceiro trabalho da categoria é (Monostori, et al., 2016), que analisa a pesquisa e implementação do conceito de Sistemas de Produção Ciberfísicos (CPPS) por meio de dez estudos de caso de diferentes aplicações e aponta desafios de P&D. O quarto trabalho, (Stock & Seliger, 2016), faz uma revisão bibliográfica da indústria 4.0 e subsequente análise sobre diferentes oportunidades para manufatura sustentável na Indústria 4.0, utilizando um caso de *retrofitting* de equipamentos de manufatura como oportunidade específica. O quinto trabalho, (Wang, et al., 2016), valida por simulação numérica um modelo de objetos de chão de fábrica proposto para fábricas inteligentes e estratégias de prevenção de *deadlock* na produção.

Análise de *bibliographic coupling*

Para a análise de *coupling* encontrou-se artigos nas mesmas categorias que a análise de *co-citation*: revisão bibliográfica, apresentação de modelos e/ou conceitos para a indústria 4.0, estudo de caso e simulação numérica.

Os núcleos de calor podem ser vistos na figura abaixo. O principal núcleo é de um artigo de revisão bibliográfica (Xu & Duan, 2019) que apresenta uma pesquisa sobre a intersecção entre os termos CPS e Big Data na literatura científica, pesquisando no GS artigos com mais de 50 citações com a seguinte entrada: <'big data industry 4.0 survey' and 'cyberphysical systems industry 4.0 survey'>.

Figura 26 – Mapa de calor da análise de *bibliographic coupling*



Fonte: Os autores (2019)

Outro núcleo de calor que também foca em novas tecnologias da Indústria 4.0 pode ser visto em (TAO & QI, 2019), que propõe e faz estudo de caso de um *framework* para manufatura inteligente baseada em servitização e em novas tecnologias de TI, chamadas de *New IT* (IoT, computação em nuvem, big data, internet móvel e CPS).

Há núcleos de calor que tratam de soluções técnicas específicas, como (Gattullo, et al., 2019) propõe e valida uma nova metodologia para a conversão da documentação "tradicional" para uma documentação de Realidade Aumentada (AR), em conformidade com os princípios da Indústria 4.0 propostos por (Hermann, et al., 2015). (Wan, et al., 2018) propõe e faz simulação numérica de uma arquitetura de indexação de dados multidimensionais eficiente em termos de energia e tempo, com o intuito de resolver os desafios da grande quantidade de processamento em tempo real exigidas por dispositivos de IoT aplicados em soluções como cidades inteligentes e indústria 4.0. (Dolgui, et al., 2018) apresenta e compara as aplicações de controle otimizado para agendamento em sistemas de produção, cadeia de suprimentos e Indústria 4.0 com base em conteúdo analítico e aplicações, considerando que na indústria 4.0 os processos de manufatura para diferentes ordens de clientes podem ter estruturas de processos individuais.

Alguns dos núcleos não tratam diretamente sobre Indústria 4.0. Alguns tratam de tecnologias da quarta revolução industrial aplicadas a outros temas,

como (Thompson, et al., 2018), que apresenta e explora o futuro das aplicações de Inteligência Artificial na área de Oncologia de Radiação. Há ainda artigos em que Indústria 4.0 é utilizada apenas como parte da fundamentação teórica, como (Abubakar, et al., 2017), que propõe um framework para gestão do conhecimento, performance organizacional e processo de criação de conhecimento.

5 Seleção e Filtragem de Material

Após estudados na pesquisa bibliográfica os principais artigos do Brasil e da China para o tema Indústria 4.0, nesta etapa serão feitos todos os procedimentos relacionados à seleção de estudos de caso para a análise qualitativa. Como definido pela metodologia do trabalho, serão selecionados os 50 artigos brasileiros mais citados na plataforma WoS e os 50 artigos chineses mais citados na plataforma CNKI. Os resultados estão nos dois quadros abaixo, em que os artigos brasileiros foram indexados de 1 a 50 e os chineses foram indexados de 51 a 100.

Quadro 9 – Lista dos 50 artigos mais citados no WOS

Índice	Ano	Autores	Título
[1]	2017	Liao, Yongxin; Deschamps, Fernando; et al.	Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal
[2]	2016	Nobre, Carlos A.; Sampaio, Gilvan; et al.	Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm
[3]	2018	Jabbour, Ana Beatriz Lopes de Sousa; Jabbour, et al.	When titans meet - Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors
[4]	2018	Pisching, Marcos A.; Junqueira, Fabricio; et al.	Service Composition in the Cloud-Based Manufacturing Focused on the Industry 4.0
[5]	2018	Schroeder, Greyce N.; Steinmetz, Charles; et al.	Digital Twin Data Modeling with AutomationML and a Communication Methodology for Data Exchange
[6]	2016	Lopes de Sousa Jabbour, A B; Chiappetta Jabbour, CJ; et al.	Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations
[7]	2018	Frazzon, Enzo Morosini; Albrecht, Andre; et al.	Hybrid approach for the integrated scheduling of production and transport processes along supply chains
[8]	2015	Tortorella, Guilherme Luz; Fettermann, Diego	Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies
[9]	2018	Santos, Kassio; Loures, Eduardo; et al.	Opportunities Assessment of Product Development Process in Industry 4.0
[10]	2017	Ferrari, Paolo; Flammini, Alessandra; et al.	Delay Estimation of Industrial IoT Applications Based on Messaging Protocols
[11]	2019	Bonilla, Silvia H.; Silva, Helton R. O.; et al.	Industry 4.0 and Sustainability Implications: A Scenario-Based Analysis of the Impacts and Challenges
[12]	2018	Dalenogare, Lucas Santos; Benitez, Guilherme Brittes; et al.	The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance
[13]	2018	Murofushi, Rodrigo H.; Tavares, Jose J. P. Z. S.	Towards Fourth Industrial Revolution Impact: Smart Product Based on RFID Technology
[14]	2018	Wermann, Jeffrey; Kliesing, Nils; et al.	Impact of new ICT trends for the educational curriculum in the area of Industrial Automation and Engineering
[15]	2017	Silva, Marianne; Vieira, Elton; et al.	A Customer Feedback Platform for Vehicle Manufacturing Compliant with Industry 4.0 Vision
[16]	2019	Quezada, Luis E.; Chiu, (Anthony) Shun Fung; et al.	Operational Excellence towards Sustainable Development Goals through Industry 4.0
[17]	2019	Liao, Y; Pierin Ramos, LF; et al.	The Role of Interoperability in The Fourth Industrial Revolution Era
[18]	2018	Oliveira, L. E. S.; Alvares, A. J.	Axiomatic design applied to the development of a system for monitoring and teleoperation of a cnc machine through the internet

Índice	Ano	Autores	Título
[19]	2018	Doh, Stephanie W.; Deschamps, Fernando; et al.	Systems Integration in the Lean Manufacturing Systems Value Chain to Meet Industry 4.0 Requirements
[20]	2018	Durao, Luiz Fernando C. S.; Eichhorn, Helge; et al.	Integrated Component Data Model Based on UML for Smart Components Lifecycle Management: A Conceptual Approach
[21]	2018	Tumelero, Cleonir; Sbragia, Roberto; Evans, Steve	Cooperation in R & D and eco-innovations: The role in companies' socioeconomic performance
[22]	2017	Pisching, Marcos A.; Pessoa, Marcosiris A. O.; et al.	An architecture based on RAMI 4.0 to discover equipment to process operations required by products
[23]	2017	Gonzalez, Antonio G. C.; Alves, Marcos V. S.; et al.	Supervisory Control-Based Navigation Architecture: A New Framework for Autonomous Robots in Industry 4.0 Environments
[24]	2015	Guerreiro, Bruno V.; Lins, Romulo G.; Sun, Jianing; et al.	Definition of Smart Retrofitting: First Steps for a Company to Deploy Aspects of Industry 4.0
[25]	2016	Melnyk, Steven A.; Flynn, Barbara B.; Awaysheh, Amrou	The best of times and the worst of times: empirical operations and supply chain management research
[26]	2016	Ferrari, P.; Sisinni, E.; Brandao, D.; Rocha, M.	Evaluation of communication latency in Industrial IoT applications
[27]	2016	Feliciano Filho, Marcelo; Liao, Yongxin; Loures, E.; et al.	Self-Aware Smart Products: Systematic Literature Review, Conceptual Design and Prototype Implementation
[28]	2017	Saturno, Maicon; Pierin Ramos, Luiz Felipe; et al.	Evaluation of interoperability between automation systems using multi-criteria methods
[29]	2017	da Silva, Aderair F.; Olita, Ricardo L.; et al.	A Cloud-based Architecture for the Internet of Things targeting Industrial Devices Remote Monitoring and Control
[30]	2017	Durao, Luiz Fernando C. S.; Christ, Alexander; et al.	Distributed Manufacturing of Spare Parts based on Additive Manufacturing: Use Cases and Technical Aspects
[31]	2018	Tortorella, Guilherme; Miorando, Rogerio; et al.	The moderating effect of Industry 4.0 on the relationship between lean supply chain management and performance improvement
[32]	2018	Roy, Sandip; Das, Ashok Kumar; Chatterjee, Santanu; et al.	Provably Secure Fine-Grained Data Access Control Over Multiple Cloud Servers in Mobile Cloud Computing Based Healthcare Applications
[33]	2018	Liao, Yongxin; Rocha Loures, Eduardo de Freitas; et al.	Industrial Internet of Things: A Systematic Literature Review and Insights
[34]	2018	Gobbo Junior, Jose Alcides; Busso, Christianne M.; et al.	Making the links among environmental protection, process safety, and industry 4.0
[35]	2018	Toquica, Juan S.; Zivanovic, Sasa; et al.	A STEP-NC compliant robotic machining platform for advanced manufacturing
[36]	2018	Cagnin, Renato L.; Guilherme, Ivan R.; Queiroz, Jonas; et al.	A Multi-agent System Approach for Management of Industrial IoT Devices in Manufacturing Processes
[37]	2018	Leusin, Matheus E.; Kueck, Mirko; Frazzon, Enzo M.; et al.	Potential of a Multi-Agent System Approach for Production Control in Smart Factories
[38]	2016	Daudt, Gabriel; Willcox, Luiz Daniel	Critical thoughts on advanced manufacturing: the experiences of Germany and USA
[39]	2016	Brito, Thadeu; Lima, Jose; Costa, Pedro; Piardi, Luis	Dynamic Collision Avoidance System for a Manipulator Based on RGB-D Data
[40]	2017	Durao, Luiz Fernando C. S.; Christ, Alexander; et al.	Additive manufacturing scenarios for distributed production of spare parts
[41]	2017	Ferro, Rodrigo; Cooper Ordonez, Robert Eduardo; et al.	Analysis of the integration between operations management manufacturing tools with discrete event simulation
[42]	2017	Lins, Theo; Rabelo Oliveira, R	Energy Efficiency in Industry 4.0 using SDN
[43]	2017	Valente, Fredy J.; Neto, Alfredo C.	Intelligent Steel Inventory Tracking with IoT / RFID
[44]	2016	Pisching, Marcos A.; Junqueira, Fabricio; et al.	An Architecture based on IoT and CPS to Organize and Locate Services An architecture focused on Industry 4.0
[45]	2019	da Silva, Vander Luiz; Kovalski, Joao Luiz; Pagani, R	Technology transfer in the supply chain oriented to industry 4.0: a literature review

Índice	Ano	Autores	Título
[46]	2019	Mattos Nascimento, D; Alencastro, V; et al.	Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context A business model proposal
[47]	2019	Frank, A G.; Mendes, Glauco H. S.; Ayala, N F.; et al.	Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective
[48]	2019	Liboni, Lara Bartocci; Cezarino, Luciana Oranges; et al.	Smart industry and the pathways to HRM 4.0: implications for SCM
[49]	2019	Goncalves Laurindo, Q M; Peixoto, TA; et al.	Communication mechanism of the discrete event simulation and the mechanical project softwares for manufacturing systems
[50]	2019	Haberli Junior, Caetano; Oliveira, Tiago; Yanaze, Mitsuru	The adoption stages (Evaluation, Adoption, and Routinisation) of ERP systems with business analytics functionality in the context of farms

Fonte: Os autores (2019)

O artigo mais citado [1] possui 70 citações, os artigos [21] a [30] possuem apenas 2 citações, os de [31] a [44] possuem apenas uma citação, já os artigos de [45] a [50] não possuíam nenhuma citação à época de coleta dos dados. A disposição dos artigos no quadro acima segue a ordem de coleta no WoS. Já para os artigos chineses, listados no quadro abaixo, não ocorre problema semelhante. O mais citado [51] possui 386 citações, e os dois últimos [99] e [100] possuem 32 citações cada, o que possibilita afirmar que os artigos [51] a [100] eram os mais citados do CNKI.

Quadro 10 – Lista dos 50 artigos mais citados no CNKI

Índice	Ano	Autores	Título
[51]	2014	张曙;	中国制造企业如何迈向工业 4.0
[52]	2014	李志义;朱泓;刘志军;夏远景;	用成果导向教育理念引导高等工程教育教学改革
[53]	2015	贺正楚;潘红玉;	德国“工业 4.0”与“中国制造 2025”
[54]	2014	丁纯;李君扬;	德国“工业 4.0”:内容、动因与前景及其启示
[55]	2015	王佑镁;叶爱敏;	从创客空间到众创空间:基于创新 2.0 的功能模型与服务路径
[56]	2015	李金华;	德国“工业 4.0”与“中国制造 2025”的比较及启示
[57]	2014	傅建中;	智能制造装备的发展现状与趋势
[58]	2015	郭朝先;王宏霞;	中国制造业发展与“中国制造 2025”规划
[59]	2015	刘金婷;	“互联网+”内涵浅议
[60]	2013	王喜文;	工业 4.0:智能工业
[61]	2015	黄阳华;	德国“工业 4.0”计划及其对我国产业创新的启示
[62]	2015	吕铁;韩娜;	智能制造:全球趋势与中国战略
[63]	2014	裴长洪;于燕;	德国“工业 4.0”与中德制造业合作新发展
[64]	2015	邬贺铨;	“互联网+”行动计划:机遇与挑战
[65]	2015	黄顺魁;	制造业转型升级:德国“工业 4.0”的启示
[66]	2015	胡晶;	工业互联网、工业 4.0 和“两化”深度融合的比较研究
[67]	2015	彭宇;庞景月;刘大同;彭喜元;	大数据:内涵、技术体系与展望

Índice	Ano	Autores	Título
[68]	2015	吴智慧;	工业 4.0:传统制造业转型升级的新思维与新模式
[69]	2014	张曙;	工业 4.0 和智能制造
[70]	2015	杨帅;	工业 4.0 与工业互联网:比较、启示与应对策略
[71]	2015	杜传忠;杨志坤;	德国工业 4.0 战略对中国制造业转型升级的借鉴
[72]	2016	纪成君;陈迪;	“中国制造 2025”深入推进的路径设计研究——基于德国工业 4.0 和美国工业互联网的启示
[73]	2016	李立国;	工业 4.0 时代的高等教育人才培养模式
[74]	2015	延建林;孔德婧;	解析“工业互联网”与“工业 4.0”及其对中国制造业发展的启示
[75]	2014	陈志文;	“工业 4.0”在德国:从概念走向现实
[76]	2015	江飞涛;李晓萍;	当前中国产业政策转型的基本逻辑
[77]	2016	李晓华;	“互联网+”改造传统产业的理论基础
[78]	2015	余东华;胡亚男;吕逸楠;	新工业革命背景下“中国制造 2025”的技术创新路径和产业选择研究
[79]	2015	张小宁;赵剑波;	新工业革命背景下的平台战略与创新——海尔平台战略案例研究
[80]	2015	王佑镁;	发现创客:新工业革命视野下的教育新生态
[81]	2015	徐广林;林贡钦;	工业 4.0 背景下传统制造业转型升级的新思维研究
[82]	2013	常杉;	工业 4.0:智能化工厂与生产
[83]	2015	王喜文;	工业 4.0、互联网+、中国制造 2025 中国制造业转型升级的未来方向
[84]	2015	徐贲;	“互联网+”:新融合、新机遇、新引擎
[85]	2014	杜品圣;	智能工厂——德国推进工业 4.0 战略的第一步(上)
[86]	2015	曲道奎;	中国机器人产业发展现状与展望
[87]	2015	周佳军;姚锡凡;	先进制造技术与新工业革命
[88]	2014	邱学青;李正;吴应良;	面向“新工业革命”的工程教育改革
[89]	2016	赵福全;刘宗巍;	工业 4.0 浪潮下中国制造业转型策略研究
[90]	2015	张可云;蔡之兵;	全球化 4.0、区域协调发展 4.0 与工业 4.0——“一带一路”战略的背景、内在本质与关键动力
[91]	2015	肖红军;	共享价值、商业生态圈与企业竞争范式转变
[92]	2012	芮明杰;	新一轮工业革命正在叩门,中国怎么办?
[93]	2014	罗文;	德国工业 4.0 战略对我国推进工业转型升级的启示(节选)
[94]	2017	朱正伟;周红坊;李茂国;	面向新工业体系的新工科
[95]	2015	刘建丽;	工业 4.0 与中国汽车产业转型升级
[96]	2015	胡福文;徐宏海;张超英;毕松;丁维龙;	基于创客文化的实验室开放平台建设研究与探索
[97]	2016	吴智慧;	工业 4.0 时代家具产业的制造模式
[98]	2017	周佳军;姚锡凡;刘敏;张剑铭;陶韬;	几种新兴智能制造模式研究评述
[99]	2015	陈渊源;吴勇毅;	“中国制造 2025”如何破茧解题?
[100]	2015	王喜文	万众创新何以可能——互联网时代的信息物理共享经济

Fonte: Os autores (2019)

A partir das listas acima, serão definidos os artigos que serão excluídos da análise, de acordo com critérios definidos abaixo, assim como quais outros

documentos, cases, planos de governo e outras informações provenientes desse conjunto de artigos serão incluídos para análise qualitativa na etapa 3.

5.1 Exclusão de artigos e identificação de iniciativas

Uma vez que os artigos selecionados foram encontrados através da busca em plataformas abertas, existe a possibilidade de que alguns artigos não sejam diretamente relevantes para a análise qualitativa a ser feita na etapa 3. Portanto, dos 100 artigos selecionados inicialmente, será feita aqui a exclusão necessária de certos artigos de acordo com os critérios abaixo.

Quadro 11 – Critérios para exclusão de artigos

Exclusão	Baixa relevância (1)	Artigos sem citações (ou menos de duas citações).
	Texto incompleto (2)	Artigos sem o texto completo disponível para análise.
	Sem relação (3)	Texto não possui relação com o tema da pesquisa ou indústria 4.0
		Conceito de “quarta revolução industrial” fora do escopo deste projeto
Conceitualmente desconexo (4)	Incompatível com os princípios de indústria 4.0 adotados para a pesquisa	

Fonte: Os autores (2019)

Para exclusão e identificação dos cases, será lida a introdução, conclusão e *abstract* de cada um dos 100 artigos selecionados. A seleção de cases para análise qualitativa se deu primariamente através dos artigos selecionadas na etapa 1 (TEMAC) devido à observação de que os artigos selecionados representam uma fonte confiável para descoberta de cases tanto na indústria quanto no governo. Ainda que um grande número de artigos utilize cases reais para realização de suas pesquisas, grande parte dos mesmos evitam compartilhar os nomes das empresas ou demais detalhes a respeito das atividades devido à políticas internas de confidencialidade. Ainda assim, um número significativo de cases foi identificado e analisado.

Levando em conta que o trabalho busca analisar o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil e na China sob as 3 diferentes dimensões, e, portanto, a contextualização do trabalho se dando de uma perspectiva territorial (dois países) e dimensional (público, privado e acadêmico), a análise não aborda cases de cunho meramente científico. Não são selecionados para a análise qualitativa cases que não são situados em um local definido, seja em contexto

acadêmico ou privado. A título de exemplo, o artigo 29 se baseia em uma série de soluções, produtos e equipamentos analisados pela IBM (IBM IoT foundation e IBM Bluemix), porém não é situado exclusivamente em um local como uma fábrica da empresa.

Quadro 12 – Exclusão de artigos e identificação de iniciativas

#	Exclusão				Iniciativa dimensão indústria identificada (nome)	Iniciativa dimensão governo identificada (nome)	Subtemas
	1	2	3	4			
[1]					'Industrial Internet Consortium (IIC)' - AT&T, Cisco, General Electric, IBM e Intel; Smart Factory OWL - ; Digital Enterprise Software Suit - Siemens;	Advanced Manufacturing Partnership (AMP)' - EUA; 'High-Tech Strategy 2020' - Alemanha; 'La Nouvelle France Industrielle' - França; 'Future of Manufacturing' - UK; 'Factories of the Future (FoF)' - European Commission; 'Innovation in Manufacturing 3.0' - Coreia do Sul; 'Made in China 2025' e 'Internet Plus' - China; '5th Science and Technology Basic Plan' - Japão; 'RIE 2020 Plan' - Singapore	Pesquisa acadêmica, Revisão de Literatura Sistemática
[2]						Amazônia Conectada	Meio-ambiente, mudanças climáticas
[3]							Sustentabilidade, Manufatura ambientalmente sustentável
[4]							Smart Factory; Manufatura baseada em tecnologias de Nuvem
[5]							CPS, Digital Twins
[6]							Sustentabilidade; Economia Circular
[7]							Cadeia de suprimentos; Planejamento e Controle da Produção
[8]							Manufatura; Relação entre Lean Manufacturing e Indústria 4.0
[9]							Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)
[10]							IIoT
[11]							Desenvolvimento Ambiental Sustentável

#	Exclusão				Iniciativa dimensão indústria identificada (nome)	Iniciativa dimensão governo identificada (nome)	Subtemas
	1	2	3	4			
[12]						"High-Tech Strategy 2020" - Alemanha; "Advanced Manufacturing Partnership" - EUA; "Made in China 2025" - China; "La Nouvelle France Industrielle" - França; Rumo à Indústria 4.0 - ABDI	Estratégia Nacional
[13]							Smart Product
[14]					Digital Factory (Bosch & Kuka/ Mitsubishi)		Educação em Engenharia
[15]							IoT/ IIoT
[16]							ODS
[17]					Smart Factory OWL/ Digital Enterprise Software Suit (Siemens)	Industrial Internet Consortium (IIC)	Interoperabilidade
[18]							Lean
[19]						Industrie 4.0	Cyber physical production systems; Smart Product; M2M
[20]							Automation; M2M
[21]							Eco-innovation/ sustainability
[22]							Smart production; Network Architecture
[23]							Mobile Robots
[24]					Smart Retrofitting at Thyssenkrupp manufacturing plant in Brazil		IIoT
[25]							Operations/ Supply Chain Management
[26]							Revisão de Literatura Sistemática
[27]							IIoT/ Nuvem Computacional
[28]							Interoperabilidade
[29]							Computação em nuvem/ IoT
[30]							Manufatura Aditiva
[31]						Crafting the Future: A Roadmap for Industry 4.0 in Mexico (Mexican Ministry of Economy)	Cadeia de Suprimentos/ Lean

#	Exclusão				Iniciativa dimensão indústria identificada (nome)	Iniciativa dimensão governo identificada (nome)	Subtemas
	1	2	3	4			
[53]							Estratégia Nacional
[54]					“第四次工业革命平台” (Germany)		Estratégia Nacional
[55]							Maker DIY, Inovação
[56]							Estratégia Nacional
[57]						Projekt Cypros (Germany)	IME
[58]							Estratégia Nacional
[59]						互联网+ (China)	IoT/ IIoT
[60]					辰汉电子与国内某电力企业联合研发 (China)	高科技战略 2020 (Germany)	CPS/ Smart Factory
[61]						先进制造业伙伴计划 (USA)	Inovação, Estratégia Nacional
[62]						2020 增长战略 (EU) / 中国制造 2025 (China) / 工业互联网 (US) / 再兴战略 (Japan) / 新增长动力战略 (Korea)	Smart Manufacturing
[63]						国家集成电路产业发展推进纲要 (China) / “十二五”国家战略性新兴产业发展规划 (China)	Estratégia Nacional
[64]							Estratégia Nacional
[65]						中德合作行动纲 (China/ Germany Cooperation)	Manufatura/ Estratégia Nacional
[66]						大力推进信息化与工业化融合 (China) / “两化”深度融合 (publicada no 十八大) (China) / 信息化和工业化深度融合专项行动计划(2013 - 2018 年 (é do 工信部)	Estratégia Nacional
[67]							Big Data
[68]						高技术战略 2020 (Germany, publicado em 2010)	Smart Manufacturing
[69]					宁夏小巨人机床公司智能化信息管理 (China) / Autostadt (Germany)		Smart Manufacturing
[70]							Estratégia Nacional
[71]							Estratégia Nacional/ Reference Analysis
[72]							Estratégia Nacional
[73]							Estratégia Nacional/ Educação
[74]							Estratégia Nacional

#	Exclusão				Iniciativa dimensão indústria identificada (nome)	Iniciativa dimensão governo identificada (nome)	Subtemas
	1	2	3	4			
[75]					Zeiss PiWeb (Germany)		Estratégia Nacional
[76]							Estratégia Nacional/ Política Industrial
[77]							Estratégia Nacional
[78]							Estratégia Nacional
[79]					海尔平台（青岛海尔及海尔电器）		Inovação
[80]							Maker DIY, Inovação, Educação
[81]							Estratégia Nacional
[82]							Estratégia Nacional
[83]							Estratégia Nacional
[84]							Estratégia Nacional
[85]							Estratégia Nacional
[86]							Robótica
[87]					Cisco Brightidea/ Local Motors/ Shapeways		Smart Manufacturing
[88]							Educação
[89]							Estratégia Nacional
[90]							Estratégia Nacional
[91]							Business
[92]							Estratégia Nacional
[93]						国家制造创新网络中心 (US)	Estratégia Nacional
[94]							Estratégia Nacional
[95]					在中国，目前至少有一汽、上汽、吉利、比亚迪、奇瑞、长安、华晨等7家自主品牌企业推出了自主研发的车联网系统和产品		Indústria Automotiva
[96]							Maker DIY
[97]							Indústria de móveis
[98]							Big Data
[99]							Estratégia Nacional
[100]							Estratégia Nacional, Economia

#	Exclusão				Iniciativa dimensão indústria identificada (nome)	Iniciativa dimensão governo identificada (nome)	Subtemas
	1	2	3	4			
							Compartilhada, Inovação

Fonte: Os autores (2019)

Os cases identificados acima que ocorrem no Brasil ou na China servirão como base para a análise qualitativa realizada na etapa 3 das dimensões indústria e governo. Como veremos à frente, os cases restantes servirão de *input* para a análise qualitativa na etapa 3 da dimensão academia. Como método de apoio para a análise da hipótese dos autores de que artigos chineses possuem maior propensão a tratar de subtemas da indústria 4.0 relacionados à aspectos econômicos e humanísticos, enquanto artigos brasileiros tendem a se aprofundar mais nas soluções e especificações tecnológicas de indústria 4.0, uma busca foi feita para identificar quais dos artigos em cada uma das plataformas abordam o conceito de indústria 4.0 propriamente dita. Os subtemas foram divididos em grupos menores de temáticas, onde temos os quatro principais componentes de indústria 4.0 (CPS, IoT, IoS e Smart Factory) utilizados para definição dos princípios de *design* por Hermann et al. (2015).

Tabela 1 – Análise de temáticas dos artigos da indústria 4.0

Temas	Contagem Wos	Contagem CNKI
CPS	4	1
IoT	11	2
IoS	2	0
Smart Factory	6	6
Total	23 (51.1%)	9 (22.5%)

Fonte: Os autores (2019)

O que foi observado pelos autores na pesquisa é que de fato há uma maior concentração de artigos a respeito de aspectos não relacionados diretamente à indústria 4.0 (temas humanísticos e ligados à economia) na China, enquanto os artigos brasileiros se manifestaram como artigos com maior profundidade técnica e maior propensão a tratar de soluções e especificações das tecnologias associadas aos conceitos de indústria 4.0.

5.2 Inclusão de outros materiais

Entre os artigos selecionados e excluídos estão exclusivamente aqueles advindos do meio acadêmico. Porém, uma série de documentos vindos de outras fontes possuem uma alta relevância para entender o desenvolvimento da indústria 4.0 em cada um dos países. Um exemplo são os planos, programas, decretos e leis governamentais, assim como cases e investimentos feitos pelo meio privado. Para tal, elencamos aqui os documentos adicionados à análise, de acordo com os seguintes dois critérios.

Quadro 13 – Critérios para inclusão de outros materiais

Inclusão	Relação parcial	Textos que falam sobre a indústria 4.0 como um de seus muitos temas ou como tema de suporte à pesquisa em uma das 4 dimensões dos critérios de filtro, mas não foram encontradas pelos termos escolhidos no TEMAC.
	Relação próxima	Textos que falam sobre a indústria 4.0 como tema principal em uma das 4 dimensões dos critérios de filtro, mas não foram encontradas pelos termos escolhidos no TEMAC, incluindo planos de governo e cases de empresas.

Fonte: Os autores (2019)

Quadro 14 – Materiais incluídos para análise

Título	Fonte	Ano
Desafios para Indústria 4.0 no Brasil	CNI	2016
Indústria 4.0 - Realidade aumentada já ajuda fábricas no Brasil	Estadão	2019
Brasil pode criar a Indústria 4.0 verde e amarela	CNI	2016
Sondagem Especial Indústria 4.0	CNI	2016
A aplicação do conceito, restrito, de indústria 4.0 à gestão da demanda hídrica em um frigorífico	ENESEP	2017
Impactos da indústria 4.0 na gestão de operações	ENESEP	2017
A indústria 4.0 na perspectiva da engenharia de produção no Brasil: levantamento e síntese de trabalhos publicados em congressos nacionais	ENESEP	2017
China's National Plan on Implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development	Ministry of Foreign Affairs of the PRC	2016
Implementing SDGs: China's Progress and Approaches	CIKD	2018
ODS - Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	IPEA	2018
Negociações da Agenda de Desenvolvimento pós-2015: elementos orientadores da posição brasileira	Itamaraty	2014
Estratégia Brasileira para Transformação Digital - EBTD	MCTIC	2017
E-Digital	MCTIC	2018

Título	Fonte	Ano
ProFuturo	MCTIC	2018
Estratégias Nacionais para a indústria 4.0	IEDI	2018
Projeto Indústria 2027	CNI/ IEL	2018
Industry 4.0: Mapping the Structure and Evolution of an Emerging Field	Yaşar Tonta and Güleda Doğan	2016
Artificial Intelligence: Implications for China	McKinsey & Company	2017

Fonte: Os autores (2019)

6 Análise Qualitativa da Hélice Tríplice

Como uma técnica de estudo de natureza exploratória (CURRY et al., 2009), a análise qualitativa aqui presente busca, antes de qualquer coisa, gerar novas percepções a respeito do desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil e na China, tendo como base todas as pesquisas feitas nas etapas anteriores. A pesquisa qualitativa se diferencia da quantitativa principalmente nas três seguintes maneiras:

- Pesquisa quantitativa conta “ocorrências” (frequência, magnitude, incidência...) e pesquisa qualitativa descreve complexidade, amplitude, gama de ocorrências ou fenômenos;
- Pesquisa quantitativa procura testar hipóteses estatisticamente, enquanto pesquisa qualitativa busca gerar hipóteses sobre um fenômeno, seus precursores e suas consequências;
- Pesquisa quantitativa gera dados numéricos através de processos padronizados em ambientes experimentais, enquanto pesquisa qualitativa ocorre em ambientes “naturais” e produz dados textuais através de discussões abertas e observações.

A partir de todos os insumos obtidos da etapa 1 (TEMAC) e etapa 2 (análise de artigos e identificação de *cases*), esta terceira e última etapa visa discorrer a respeito dos achados e, na medida do possível e no que cabe a este projeto, testar hipóteses através, inicialmente de um estudo exploratório de estudos de casos. Ainda que visto por alguns autores como uma técnica com pouco rigor teórico (YIN, 1984), o estudo exploratório qualitativo através de estudos de casos ajuda a explorar dados e teorias em situações práticas na vida real, (ZAINAL, 2007) e ajuda assim a entender melhor como os conceitos de indústria 4.0 estão se materializando nos dois países focos desta pesquisa.

6.1 Brasil

Indústria

Enquanto projetos piloto e casos de aplicação de conceitos da indústria 4.0 possuem uma maior representatividade no cenário nacional, existem também algumas empresas menores (PMEs) que aplicam conceitos de indústria 4.0 à suas operações, como apresentado por Schneider (2017) na

aplicação do conceito restrito de indústria 4.0 na gestão da demanda hídrica em um frigorífico. Por outro lado, o panorama geral do nível de preparo da indústria nacional para a indústria 4.0 identificado por Cruz (2017) é o de um país que ainda está distante do patamar de prontidão considerado adequado para a indústria 4.0. A partir destas informações, podemos considerar aqui alguns cases representativos identificados nos materiais apresentados nas duas etapas anteriores.

- Smart Retrofitting em uma fábrica da Thyssenkrupp no Brasil (GUERREIRO et al., 2018)

Com um enfoque em máquinas e processos que não foram desenvolvidos para a visão da Indústria 4.0, *smart retrofitting* busca transferir aspectos desta visão para máquinas e processos com o menor gasto financeiro e de tempo possível, a partir da filosofia *lean*. Neste estudo de caso, sistemas embarcados internos e externos são instalados para monitorar os parâmetros de usinagem em máquinas na fábrica brasileira da multinacional Thyssenkrupp. Com o auxílio de *smart glasses*, os operadores das máquinas podem receber os dados coletados por sensores embarcados. A solução, ainda que esteja sendo empregada em um equipamento antiquado, sem qualquer componente eletrônico, é capaz de auxiliar o operador na tomada de decisões críticas, como quando exatamente um *bit* para torno mecânico deve ser substituído, de acordo com o seu limite de desgaste.

- Olho Vivo SPTrans - Solução Fiware (MARQUESONE et al., 2017)

A partir de uma plataforma para suporte no desenvolvimento e implementação de IoT (Fiware), um componente foi desenvolvido e proposto para auxiliar na análise de dados de uma solução de mobilidade urbana na cidade de São Paulo. Ainda que o estudo de caso seja mais próximo de uma solução de cidades inteligentes (*smart cities*), os desafios enfrentados pela solução são contextualmente iguais: objetos conectados à *internet* e interconectividade entre dispositivos. Ainda, entre os principais desafios para implementação do conceito de indústria 4.0 está o gerenciamento de grandes volumes de dados gerados por objetos e pessoas, que é a raiz dos problemas enfrentado neste caso. O componente proposto pelo autor disponibiliza os

dados gerados pela rede, de modo que os usuários possam analisar e gerar novas aplicações em cima do mesmo.

- Tetrapak Hololens (ESTADÃO, 2019)

Como líder mundial em soluções para processamento e envase de alimentos, a Tetrapak procura resolver no Brasil seus desafios logísticos através de aplicações de realidade aumentada. Com o óculos de MR, Hololens da empresa americana Microsoft, técnicos da empresa localizados em diferentes plantas de produção podem auxiliar funcionários à distância. Com duas fábricas no Brasil (Monte Mor e Ponta Grossa) e outras 53 ao redor do mundo, a empresa é uma das primeiras do país a utilizar óculos de realidade virtual mista na linha de produção. Através da projeção de camadas de imagens de alta resolução na frente do usuário, técnicos da empresa podem atuar com profissionais ou clientes da empresa de forma remota. Com óculos custando na faixa de US\$5 mil a US\$6 mil reais, esta tecnologia é usada também para auxiliar as empresas na instalação de equipamentos importados de forma muito mais ágil.

- WEG Motorscan/ IoT platform (WEG, 2019)

Com operações em mais de 100 países, a empresa brasileira WEG desenvolveu um sensor para ser instalado em seus motores e medir a vibração e temperatura dos mesmos. Os dados coletados pelo sensor são transmitidos por conexão *bluetooth* para qualquer dispositivo inteligente com sistema operacional *android* ou iOS. O sensor é fixado por parafuso na aleta do motor e não há qualquer conexão elétrica entre o motor e o sensor. Em seguida, o usuário pode realizar uma análise preditiva do motor através da plataforma “WEG IoT Platform”, onde os dados são armazenados na nuvem e uma análise mais aprofundada é realizada. No aplicativo é possível ter uma visão completa de todos os dados coletados, diagnóstico de falhas, configuração de alertas, configuração de plantas para fácil gerenciamento, entre outras.

- Solução Bosch Indústria 4.0 (BOSCH, 2018)

Diante da falta de maturidade dos parques industriais brasileiros, a empresa multinacional Bosch reconhece a impossibilidade de trazer o conceito completo de indústria 4.0 para o Brasil (2018) e cria portanto uma solução

adaptada de indústria 4.0 para aplicar nas fábricas locais. Com foco em sensores e análise de dados, a Bosch desenvolveu uma solução dedicada ao mercado brasileiro, que permite coletar dados e dar transparência ao chão de fábrica sem necessariamente investir em altas tecnologias, com relativo baixo custo. A ideia da empresa é trabalhar inicialmente em projetos focados em manutenção, para melhorar a produtividade da indústria e reduzir custos com estoque e pessoal. A solução foi implantada em uma indústria catarinense em um projeto financiado pela Bosch. A previsão é que a solução seja oficialmente oferecida ao mercado brasileiro a partir de 2019.

Considerando como os principais componentes da indústria 4.0 como sendo CPS, IoT, IoS e Fábricas Inteligentes, Hermann et al. (2015) define os princípios de *design* para a indústria 4.0 como sendo: interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidades real-time, orientação a serviços e modularização. Ao se tratar do alinhamento das iniciativas com os princípios de indústria 4.0 utilizados como referência neste trabalho, podemos observar, e em certos casos induzir, a presença ou não dos mais diversos princípios que fundamentam o conceito de indústria 4.0. O quadro abaixo faz um resumo de todas as iniciativas brasileiras apresentadas e a identificação ou não de cada um dos princípios.

Quadro 15 – Análise de princípios de design da indústria 4.0

	Interoperabilidade	Virtualização	Descentralização	Capacidades <i>real-time</i>	Orientação a serviços	Modularização
Smart Retrofitting Thyssenkrupp						
Solução Fiware SPTans						
Tetrapak Hololens						
WEG Motorscan/ IoT platform						
Solução Bosch Indústria 4.0						

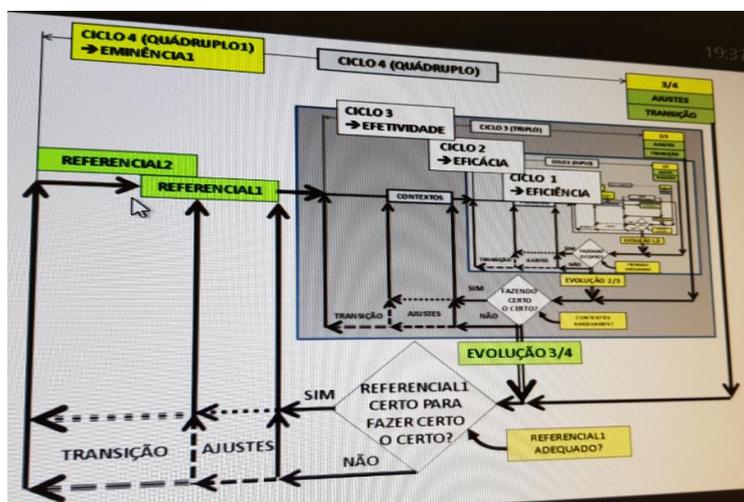
Fonte: Os autores (2019)

Academia

A análise do desenvolvimento da indústria 4.0 sob a perspectiva acadêmica no Brasil tem como objetivo analisar, fora projetos e iniciativas relevantes do meio acadêmico, a posição em que o país se encontra dentro do espectro eficiência-eficácia-efetividade. Ainda que interligados, os três termos são distintos, e representam uma escala evolutiva para sistemas que buscam a geração de valor (BARNARD, 1971). Enquanto a eficiência diz respeito à realização de tarefas de maneira correta, a eficácia se aproxima da ideia do alcance de objetivos e metas. A efetividade seria uma espécie de conjunto das outras duas definições: atingimento de objetivos, através da realização bem sucedida de tarefas. Como delineado por Barnard (1971), para um contexto empresarial:

“Effectiveness is an indicator of the capacity of the company system and its subsystems to achieve planned targets (production, sales, market shares, etc.) in reference to a specific period. It is measured calculating the relationship between forecast objectives and effective realization of results. Efficiency is an indicator of the aptitude of the company to operate economically. Its fundamental key indicator are physical-technical performance and costs.” (SPRINGER, 2017)

Figura 27 – Ciclos Eficiência, Eficácia e Efetividade



Fonte: Professor João Mello (2019)

Entre as iniciativas do contexto pesquisado identificadas pelos autores que devem ser mencionadas, temos duas pesquisas realizadas sob o programa de pesquisa conjunta BRAGECRIM (Iniciativa Brasil-Alemanha para Pesquisa Colaborativa em Tecnologia de Manufatura). A iniciativa tinha como

objetivo apoiar e financiar projetos conjuntos de pesquisa entre grupos de pesquisa brasileiros e alemães na área de tecnologia de manufatura avançada.

- SCoPE - Smart components within smart production processes and environments (SCHÜTZER et al., 2016)

O projeto (parceria entre UNIMEP, USP e TU Darmstadt) tem como objetivo transformar componentes físicos individuais em carregadores de informação, e assim promovê-los ao estado de agentes ativos dentro de ambiente ciber físico (CPS). Com informações a respeito dos seus históricos (suas propriedades físicas e seus propósitos), esses componentes inteligentes são capazes de controlar os processos de produção aplicados a eles, assim como o seu transporte dentro de um contexto de uma fábrica equipada com sistemas de produção ciber físicos (CPPS).

A proposta da pesquisa é a de desenvolver uma solução tecnológica para componentes que se tornaria uma peça fundamental em sistemas de produção CPS como fábricas inteligentes e outros sistemas de manufatura avançada. Com isso, um novo conceito para estruturação das especificações e informações de componentes foi desenvolvido. A pesquisa conjunta apresenta uma grande oportunidade para combinação de competências de institutos de pesquisa e também para contribuir para a visão de indústria 4.0.

- Distributed Manufacturing Scenario Simulation (DURÃO, et al. 2016)

Ainda sob o contexto BRAGECRIM, a parceria desenvolveu uma pesquisa a respeito de manufatura aditiva e a integração de novas tecnologias da internet, onde se torna possível pela primeira vez a produção distribuída utilizando manufatura aditiva em uma escala global, assim como monitoramento condicionado de máquinas e processos. Ainda que com muitos desafios, a produção próxima ao ponto final de uso de um produto possibilita uma série de vantagens da perspectiva de logística e custos atrelados como transporte e estoque. No projeto, estudos de caso foram desenvolvidos e analisados para se entender os principais aspectos técnicos envolvidos na concepção e implementação de produção distribuída e criação de redes de produção.

A principal observação realizada pelos pesquisadores a respeito da dimensão acadêmica no Brasil, advém da quantidade de iniciativas industriais elencadas ao longo da etapa 2. O observado é que, enquanto os artigos brasileiros possuem um grande número de menções a cases de sucesso da indústria ao longo de seus artigos (14), os mesmos se encontram em sua maioria, fora do país (9). As iniciativas industriais mencionadas que se encontram no país, dizem respeito à aplicações muito incipientes, que, na maioria das vezes não se aproximam muito dos princípios de design da indústria 4.0, como pode ser observado no quadro 16 (análise de princípios de design). O número de iniciativas governamentais apresenta também um número elevado (26), entretanto, a iniciativa pública apresenta diversos planos e políticas governamentais com interesse de desenvolver a indústria 4.0 no país (em torno de 7), e essa característica é bem utilizada pelo meio acadêmico, como podemos observar a existência de grupos de pesquisa que trabalham em prol do desenvolvimento da indústria 4.0.

Como observado na tabela 1 (análise de temáticas dos artigos da indústria 4.0), os artigos brasileiros apresentam uma maior propensão a abordar o assunto com um nível mais alto de aproximação dos fundamentos para definição da indústria 4.0 pelo grupo de trabalho pioneiro alemão. O rigor teórico brasileiro na publicação de artigos é claramente identificado nos artigos analisados, à medida que as publicações buscam, de uma maneira geral, desenvolver e amadurecer o conceito de indústria 4.0 a partir de pesquisas e simulações. Enquanto isso é claramente um aspecto positivo da perspectiva do propósito de produção científica, os artigos brasileiros perdem uma grande oportunidade ao deixarem de explorar a maneira com que os conceitos de indústria 4.0 podem ser traduzidos para a realidade não apenas do setor industrial brasileiro, mas para o mundo. O alto nível de concepção teórica afasta a aplicação da indústria 4.0 da realidade, o que pode ser visto pelo baixo número de iniciativas e estudos de caso dentro do país.

A conclusão aqui seria a de que o país, enquanto bem desenvolvido da perspectiva do nível de qualidade de seus artigos, ainda possui baixo desenvolvimento na implementação de projetos de indústria 4.0. Tal situação colocaria a o país na posição de uma geração eficiente de valor, onde tarefas são realizadas, artigos são publicados, novas ideias são concebidas, (forte

dimensão acadêmica e governamental) porém, a tradução dessas ideias para o mundo real (dimensão privada) ainda são realizadas de maneira muito tímida, resultando em um baixo desenvolvimento concreto da indústria 4.0 no país.

6.2 China

Indústria

Enquanto o cenário da indústria 4.0 no setor privado brasileiro se mostra ainda incipiente com poucas iniciativas que englobam os princípios do conceito base, o cenário chinês é significativamente mais diversificado e contém um número muito maior de iniciativas. Os exemplos elencados e descritos aqui são todos os disponíveis na seleção de artigos advindos do CNKI analisados na etapa 2 e também são os cases mais emblemáticos e que são vistos como referência pela indústria chinesa de indústria 4.0, de acordo com a mídia e artigos disponíveis na internet pela mídia convencional.

- 浓阳机床团队 5D 智造谷 Shenyang Machine Tool Co. Smart Manufacturing Valley (张曙, 2014)

A Shenyang Machine Tool Co. é uma empresa chinesa líder na indústria de máquinas de usinagem (especialista em máquinas de corte, fresagem e perfuração), ocupando o primeiro lugar em valor de produção global com 20 mil funcionários. Diante do desafio imposto pelo novo paradigma da indústria 4.0, a empresa decidiu partir de uma visão global para realizar seu planejamento estratégico para se manter competitiva.

A empresa identificou através de seu planejamento estratégico que a maior fatia de seu mercado potencial estava nos países em desenvolvimento e ainda em processo de industrialização. A partir daí, identificou os principais aspectos que estes clientes esperam de seus produtos, como sendo produtos simples, fáceis de manter, confiáveis e inovadores. Em seguida, a empresa desenvolveu a partir destas informações, uma máquina de CNC (computer numerical control) chamada i5 com diversas capacidades computacionais e de conectividade. Com uma plataforma aberta baseada em PC, o CNC i5 é capaz de conectar seus sensores e atuadores à um servidor externo, ao mesmo tempo oferecendo uma interface gráfica com fluxo de operação de fácil usabilidade que garantem a execução correta do programa de usinagem. A

interface gráfica da máquina permite também a localização rápida de fontes de falhas. A característica mais proeminente é o possível acoplamento do CNC i5 e de sua plataforma à uma rede de nuvem computacional, tornando a máquina CNC não apenas uma máquina isolada, mas um nó de uma rede de informações da fábrica com diversos níveis de aplicação.

Figura 28 – Estratégia da Shenyang Co. para a indústria 4.0



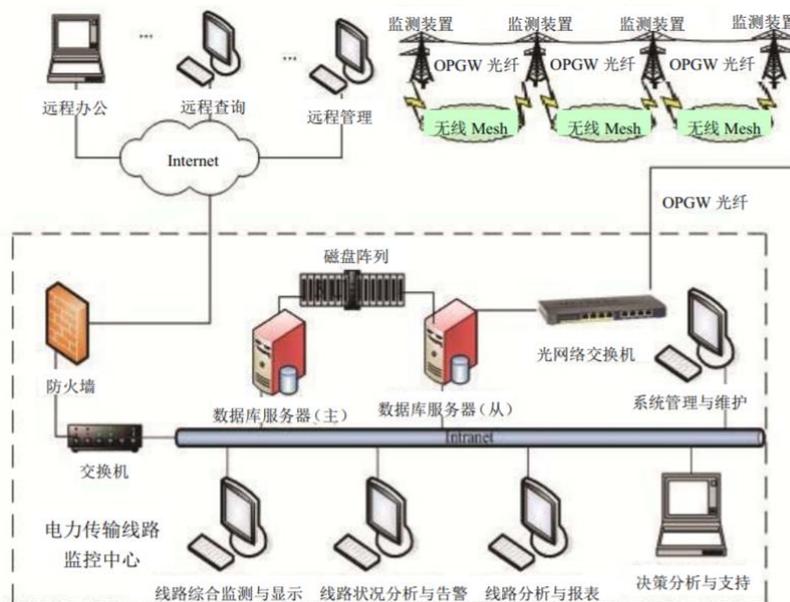
Fonte: 中国企业如何迈向工业 4.0, 张曙

- 辰汉电子与国内某电力企业联合研发 Aliança entre Chenhan Electronics e Empresa Estatal de Energia para P&D (Wang Xiwen 王喜文, 2013)

Fundada em 2007, a Chenhan Electronics (Morninghan) é uma provedora chinesa de serviços de desenvolvimento e fabricação de produtos eletrônicos de alta tecnologia verticalmente integrados, voltados para as mais diversas indústrias. Em parceria com uma empresa estatal chinesa de energia, a Chenhan desenvolveu um sistema de transmissão de informações entre uma linha de transmissão de energia com um equipamento baseado na família de processadores de aplicação i.MX536 e um centro de monitoramento. A partir do controle instantâneo do *status* do grid energético a que o sistema está acoplado, o centro de monitoramento é capaz de gerenciar melhor suas operações e tomada de decisões a respeito da distribuição energética. O

sistema de monitoramento da linha de transmissão realiza o monitoramento e o controle em tempo real do status de operação dos equipamentos de transmissão, e atende aos diferentes requisitos da aplicação, como operação diária, reparo de falhas e comandos de emergência.

Figura 29 – Organização da rede desenvolvida (Caso Chenhan)



Fonte: 工业 4.0 : 智能工业, 王喜文

Figura 30 – Equipamentos Morninghan montados na rede de energia (Caso Chenhan)



Fonte: 工业 4.0 : 智能工业, 王喜文

- 宁夏小巨人机床公司 Ningxia Little Giant Machine Tool Co. Ltd. Smart Manufacturing (张曙, 2014)

A empresa chinesa Ningxia Little Giant Machine Tool Co. Ltd., fundada em 2000 é hoje a maior empresa de máquinas-ferramenta do mundo (BAIDU, 2019), e é pioneira nacional na gestão inteligente de informações. Fora a integração de dados desde o design de produtos até o processo de manufatura e controle de pedidos, a empresa já em 2014 tinha um centro de produção inteligente que possui um sistema para agendamentos e processamento da capacidade produtiva. A figura abaixo mostra o terminal informacional de montagem, onde o operador pode ter acesso a todas as informações relevantes a respeito das ordens de montagem, estoque de componentes e exatidão na montagem de produtos.

Figura 31 – Terminal inteligente da oficina de Ningxia Little Giant Machine Tool Co. Ltd.



Fonte: 工业 4.0 和智能制造, 张曙

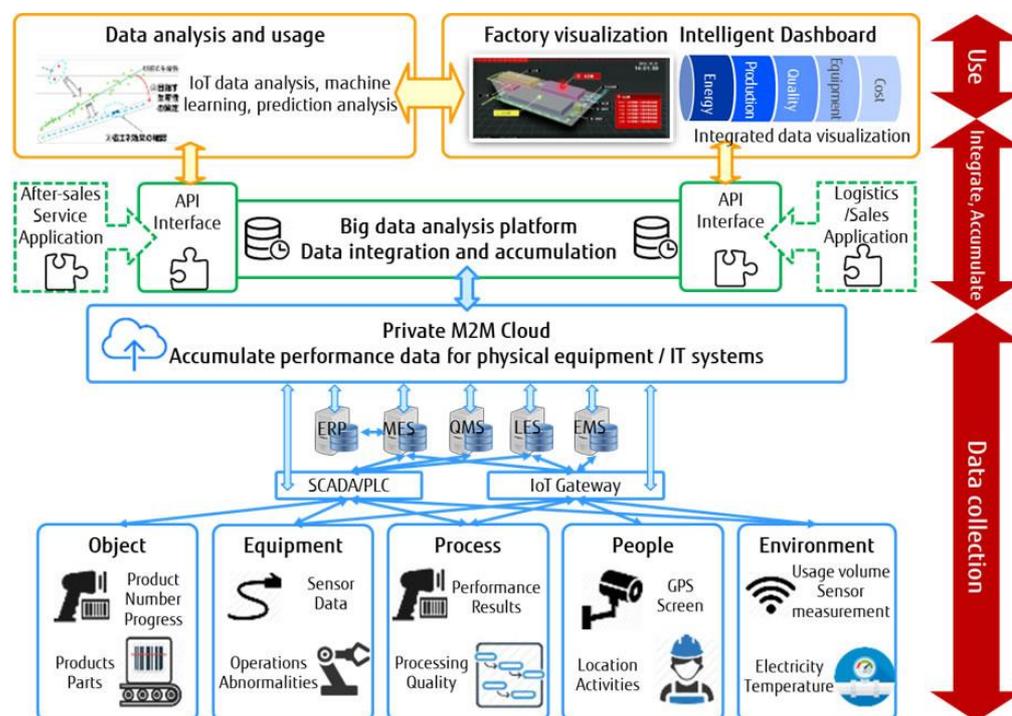
A empresa possui hoje também uma fábrica que emprega por completo o conceito de construção “Cyber Factory” (MAZAK, 2019) desenvolvido pela empresa japonesa Mazak. A partir deste conceito e da aplicação dos equipamentos de produção e softwares de gerenciamento da empresa Mazak, a Ningxia Little Giant Machine Tool estabeleceu uma rede inteligente de produção e é conhecida como a primeira fábrica inteligente de fabricação de máquinas-ferramenta em escala da China.

- INESA and Fujitsu Intelligent Dashboard (FUJITSU, 2016)

Em outubro de 2016, a empresa Fujitsu Holdings Co., Ltd. em parceria com a INESA Co., Ltd. (Instruments and Electronics Shanghai Associates), uma empresa estatal chinesa que provê soluções de Smart City, anunciaram

uma iniciativa para colaborar com o plano estratégico nacional “Made in China 2025”. Em uma fábrica de displays da INESA, a FUJITSU estabeleceu um plano para transformar a planta em uma fábrica inteligente através do estudo de seus processos e maiores desafios. A Fujitsu foi capaz de conectar todo o processo de manufatura da fábrica com tecnologias como *big data* e IoT. Com a ajuda de sensores, soluções de rede e *dashboard*, e uma plataforma de análise de *big data*, a empresa construiu um sistema para visualização da eficiência da fábrica. O projeto teve início em 2016, com previsão de conclusão para 2018 e será capaz de suportar níveis mais inovadores de inteligência manufatureira no futuro.

Figura 32 – Visão geral do projeto (Caso INESA and Fujitsu)



Fonte: Fujitsu Limited Press Releases 2016 Website

- TEDA Intelligent Industrial Zone

Localizado no município de Tianjin, uma das áreas costeiras abertas pelo governo chinês em 1984 ao investimento estrangeiro, a área denominada Tianjin Economic-Technological Development Area (TEDA) possui um PIB de aproximadamente US\$45 bilhões (ADMINISTRATIVE COMMITTEE FOR TEDA, 2017) e é uma peça fundamental para os principais planos e iniciativas governamentais para desenvolvimento econômico na República Popular da China. Em junho de 2017, o comitê administrativo de TEDA anunciou a criação

da Intelligent Industrial Zone (TJBH, 2017), uma região de aproximadamente 20 km² para hospedar empresas desenvolvendo novas tecnologias, incluindo inteligência artificial para o setor financeiro, saúde e logística. Existem em torno de 60 empresas baseadas em TEDA que são especializadas em manufatura inteligente. A proposta do parque tecnológico é se tornar um projeto de referência no que diz respeito à filosofia por trás da indústria 4.0, através inclusive da promoção da sinergia entre as diferentes empresas localizadas ali, gerando uma constante cooperação inter-organizacional (BUSINESSWIRE, 2017) por meio do compartilhamento de treinamentos, laboratórios, impressão 3D e usinagem. Como delineado por Mr. Xu, presidente da Tianjin Teda Construction Group Co., Ltd.: *“Intelligent manufacturing is our future, I’m confident that TEDA can contribute to a smarter China and a smarter world”*. (TJBH, 2017)

- Sino-german Industrial Manufacturing Park (CGIP, 2017)

Em uma tentativa de juntar a força produtiva chinesa com a alta tecnologia alemã, o parque produtivo de Shenyang, capital da província chinesa de Liaoning, passou de um parque industrial com substancial defasagem tecnológica para um *hub* industrial com presença de gigantes da engenharia, como BMW, Siemens e BASF. Com a ajuda do governo central chinês, o governo local deu início ao parque em 2017 e declarou que o mesmo iria se tornar um centro de referência nos campos de manufatura inteligente, usinagem avançada e outros setores estratégicos emergentes.

- Bosch Rexroth Chengdu i4.0 Innovation Center (BOSCH, 2017)

Com uma área de aproximadamente 3500 m², a subsidiária da Bosch, Rexroth AG é a responsável pelo centro de inovação em indústria 4.0 na cidade de Chengdu, China, que busca ajudar profissionais chineses a desenvolver e implementar novas oportunidades no campo de manufatura conectada. O novo centro foi aberto em 2017 e busca trazer a *expertise* e melhores práticas em manufatura avançada do grupo Bosch para os treinados. Através da oferta de cursos em controle de qualidade, gerenciamento da produção e cadeia de suprimentos, e soluções de indústria 4.0, o centro de inovação busca promover treinamentos práticos para todos os envolvidos.

Com um número maior de iniciativas em indústria 4.0, o setor privado na China possui um nível mais elevado de desenvolvimento nesta área, tanto da perspectiva de aplicações em casos reais com tecnologias já existentes quanto do ponto de vista de tecnologias ainda em desenvolvimento, com aplicações práticas ainda inexistentes. A indústria chinesa, ainda que não seja líder mundial em desenvolvimento tecnológico, possui a maior capacidade produtiva do mundo, sendo que sua indústria representa 40,5% de seu PIB (QUANDL, 2017). A maior propensão internacional a realizar investimentos de indústria 4.0 no país, advém de um interesse estratégico das empresas estrangeiras à quererem ter mais acesso à alta capacidade produtiva do país, assim como por reconhecerem um ambiente regulatório e de políticas públicas fortemente estabelecido e com grandes aspirações para o desenvolvimento tecnológico nos mais diversos setores industriais. Estes e outros aspectos são ainda quase que inexistentes na indústria de outros países em desenvolvimento como o Brasil, e apresentam uma grande vantagem competitiva no que diz respeito tanto à atração de investimento estrangeiro para o país quanto ao aumento na probabilidade de sucesso de empresas domésticas ainda em desenvolvimento. De acordo com Porter (1980), um dos quatro elementos-chave a serem considerados na formulação da estratégia competitiva são as “oportunidades e ameaças da indústria”. Como um dos elementos que se relacionam ao ambiente externo de uma empresa, é impensável que a mesma opte por não considerar o ecossistema e maturidade industrial do país ou região em que a mesma está se instalando.

Considerando como os principais componentes da indústria 4.0 como sendo CPS, IoT, IoS e Fábricas Inteligentes, Hermann et al. (2015) define os princípios de design para a indústria 4.0 como sendo: interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidades real-time, orientação a serviços e modularização. Ao se tratar do alinhamento das iniciativas com os princípios de indústria 4.0 utilizados como referência neste trabalho, podemos observar, e em certos casos induzir, a presença ou não dos mais diversos princípios que fundamentam o conceito de indústria 4.0. O quadro abaixo faz um resumo de todas as iniciativas apresentadas (Brasil e China) e a identificação ou não de cada um dos princípios. Da seguinte análise foram retirados os parques industriais de Shenyang e TEDA, assim como o centro de inovação Bosch em

Chengdu, devido à falta de detalhes sobre os projetos ou cenários específicos o suficiente para realizar a seguinte análise.

Quadro 16 – Análise de princípios de design da indústria 4.0

	Interoperabilidade	Virtualização	Descentralização	Capacidades <i>real-time</i>	Orientação a serviços	Modularização
Smart Retrofitting Thyssenkrupp						
Solução Fiware SPTans						
Tetrapak Hololens						
WEG Motorscan/ IoT platform						
Solução Bosch Indústria 4.0						
Shenyang Smart Manufacturing						
P&D Chenhan Electronics						
Ningxia Smart Manufacturing						
INESA Intelligent Dashboard						

Fonte: Os autores (1029)

A partir da análise em torno de 7 estudos de caso para os dois países na dimensão privada (em torno de 7), os *cases* demonstrados apresentam uma maior aproximação aos cenários de projetos pilotos de indústria 4.0, como podemos ver no quadro acima. A média de princípios atendidos para os *cases* analisados é 3,25, enquanto para o Brasil é 2.

Academia

Assim como analisado na dimensão acadêmica brasileira, a chinesa também pode ser avaliada sob a perspectiva do paralelo eficiência - eficácia - efetividade. Os artigos sobre indústria 4.0 no CNKI analisados demonstram que o enfoque chinês está sobretudo em dois pontos: formulação e aprimoramento de estratégias e planos nacionais (dimensão governo) e também uma forte presença de demonstração do desenvolvimento mundial da indústria 4.0 no mundo através de exemplos.

Como observado na tabela 1 (análise de temáticas dos artigos da indústria 4.0), os artigos advindos do CNKI possuem uma propensão

significativamente maior a tratar o tema indústria 4.0 sob uma visão macroeconômica ou geopolítica, de uma maneira mais distante dos fundamentos da indústria 4.0, no que diz respeito à abordagem de tecnologias e soluções de seus quatro principais componentes (CPS, IoT, IoS e Smart Factory). O que isso demonstra por um lado é que o rigor teórico das publicações chinesas deixa a desejar, por não tratarem dos assuntos que podem de fato promover um amadurecimento da teoria e conceituação de indústria 4.0.

Por outro lado, a extensa presença de estudos de caso (domésticos e internacionais) ao longo dos artigos nos dá uma visão do interesse da comunidade acadêmica em traduzir o conceito de indústria 4.0 difundido ao redor do mundo para uma indústria vibrante e com uma enorme possibilidade de aplicação em larga escala. A análise acadêmica demonstra o pragmatismo do pensamento chinês, ao tratar o assunto de uma maneira que visa antes de qualquer coisa estabelecer um ecossistema benéfico e vantajoso para a indústria (ênfase maior no planejamento estratégico nacional) e também trazer para a realidade nacional a maneira com que a indústria 4.0 pode acontecer no país (forte presença de estudos de caso nacionais e internacionais). Ao colocar o país na escala proposta por Porter (1980), poderíamos classificar o mesmo como um com alto nível de eficácia, uma vez que objetivos (implementação, projetos concretos) de desenvolvimento da indústria 4.0 são mais bem atendidos.

6.3 Sustentabilidade

Em 1987, o relatório intitulado “Nosso Futuro Comum”, também conhecido como “Relatório Brundtland”, foi publicado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento das Nações Unidas. O documento relata a incompatibilidade existente entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes na época. Este relatório é responsável pela definição comumente utilizada para conceituação de desenvolvimento sustentável: “O desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.”. O conceito abarca e traz à tona a discussão a respeito do uso sustentável dos recursos naturais disponíveis e

encompassa exatamente muito do que é previsto e proposto pelos objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU, que tem como objetivo projetar o futuro do desenvolvimento mundial de uma maneira mais igualitária com as futuras gerações. A partir dessa visão das relações entre o ser humano e o meio ambiente, uma questão sobre a nossa sociedade se torna central no que diz respeito ao desenvolvimento econômico mundial, independente do mesmo ser originado e sustentado pelas dimensões privadas, públicas ou acadêmicas: não existe apenas um limite mínimo para o bem-estar da sociedade; há também um limite máximo para a utilização dos recursos naturais, de modo que sejam preservados (AMBIENTE BRASIL, 2016).

É, portanto, extremamente raro hoje que instituições falem de desenvolvimento sem abordar seu aspecto sustentável e suas diretrizes de abordagem não tenham entre sua visão processos que tratam do uso consciente de recursos naturais ou que considerem a produção sem levar em conta o que acontece depois do ciclo de vida de um produto. Entre os seis fundamentos para definição da indústria 4.0 apresentados na introdução deste trabalho, temos também o uso eficiente de recursos através da economia circular como um dos aspectos relevantes. O princípio vislumbra o ciclo de vida de produtos completamente apoiado por dados, onde a fase de design do mesmo já seria capaz de determinar quais materiais podem ser reciclados. Tal empreendimento é possibilitado em sistemas econômicos “circulares”, onde se tem como objetivo minimizar desperdícios e economizar recursos.

O primeiro ponto a se observar a respeito da dimensão sustentabilidade é em relação à esfera acadêmica. Dos artigos advindos do WoS e que não foram excluídos da análise, oito abordavam sustentabilidade de alguma forma. Na maioria dos casos, os artigos que se encaixam nessa temática dissertam a respeito do conceito de economia circular sob diferentes sistemas. Tais artigos são inexistentes entre a produção acadêmica chinesa (nenhum artigo tem seu subtema dentro da temática “economia circular”), e indústria 4.0 e sustentabilidade são em muitas maneiras, considerados assuntos desconexos. A menção a respeito do desenvolvimento sustentável pode ser encontrada nos artigos chineses à medida que o tema é a garantia de um desenvolvimento de longo prazo. Por mais que sustentabilidade seja um tema cada vez mais

recorrente na mídia chinesa, os paralelos entre indústria de ponta e proteção do meio ambiente ainda não são frequentes.

Entre todos os objetivos da agenda 2030 da ONU, o ODS número 9 (construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação) é o que mais se aproxima do tipo de desenvolvimento que a indústria 4.0 produziria. Porém temos também, o ODS número 8 (promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos) com grande proximidade e passível de impacto positivo a partir do desenvolvimento da indústria 4.0. Por mais que outros objetivos sejam também possivelmente impactados de alguma maneira pelo desenvolvimento da indústria 4.0, os dois são os mais relevantes para fins de pesquisa neste projeto.

A partir das três dimensões analisadas nesta etapa, é possível entender o nível de atingimento destas metas, a partir dos esforços realizados por cada setor da hélice tríplice para o desenvolvimento da indústria 4.0. O trabalho realizado permite que seja avaliado de acordo com a situação atual, subjetivamente, como cada meta pode ser impactada hoje pelo desenvolvimento observado no agregado indústria-governo-academia no Brasil e na China. Para tal, classificamos cada uma das metas de acordo com a seguinte nomenclatura:

- A meta não é impactada positivamente pelo desenvolvimento da indústria 4.0;
- A meta pode ser impactada positivamente pelo desenvolvimento da indústria 4.0;
- A meta é impactada positivamente pelo desenvolvimento da indústria 4.0.

Quadro 17 – Avaliação do impacto do desenvolvimento da I4.0 nas metas dos ODS 8 e 9

Meta	Descrição	Classificação	Justificativa
8.1	Sustentar o crescimento econômico per capita de acordo com as circunstâncias nacionais e, em particular, um crescimento anual de pelo menos 7% do produto interno bruto [PIB] nos países menos desenvolvidos	2	O crescimento econômico pode ser impactado positivamente a partir do desenvolvimento da indústria 4.0 através do fortalecimento das mais diversas indústrias verticais.
8.2	Atingir níveis mais elevados de produtividade das economias por meio da diversificação, modernização tecnológica e inovação, inclusive	3	A indústria 4.0 aumenta os níveis de produtividade e eficiência das

Meta	Descrição	Classificação	Justificativa
	por meio de um foco em setores de alto valor agregado e dos setores intensivos em mão de obra		indústrias. (MAŤOVČÍKOVÁ, 2017)
8.3	Promover políticas orientadas para o desenvolvimento que apoiem as atividades produtivas, geração de emprego decente, empreendedorismo, criatividade e inovação, e incentivar a formalização e o crescimento das micro, pequenas e médias empresas, inclusive por meio do acesso a serviços financeiros	1	O desenvolvimento da indústria 4.0 é potencializado pela promoção de políticas orientadas para o desenvolvimento.
8.4	Melhorar progressivamente, até 2030, a eficiência dos recursos globais no consumo e na produção, e empenhar-se para dissociar o crescimento econômico da degradação ambiental, de acordo com o Plano Decenal de Programas sobre Produção e Consumo Sustentáveis, com os países desenvolvidos assumindo a liderança	2	Como uma das propostas da indústria 4.0, o fortalecimento de um sistema econômico circular reforça a importância da eficiência na produção e o não desperdício de recursos materiais.
8.5	Até 2030, alcançar o emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todas as mulheres e homens, inclusive para os jovens e as pessoas com deficiência, e remuneração igual para trabalho de igual valor	1	O desenvolvimento da indústria 4.0 pode potencialmente agravar o desemprego não apenas para trabalhos de baixo nível educacional.
8.6	Até 2020, reduzir substancialmente a proporção de jovens sem emprego, educação ou formação	1	A indústria 4.0 pode ser prejudicial aos níveis de emprego da população.
8.7	Tomar medidas imediatas e eficazes para erradicar o trabalho forçado, acabar com a escravidão moderna e o tráfico de pessoas, e assegurar a proibição e eliminação das piores formas de trabalho infantil, incluindo recrutamento e utilização de crianças-soldado, e até 2025 acabar com o trabalho infantil em todas as suas formas	1	O desenvolvimento da indústria 4.0 não está associado diretamente com temas como erradicação de trabalho forçado e escravidão.
8.8	Proteger os direitos trabalhistas e promover ambientes de trabalho seguros e protegidos para todos os trabalhadores, incluindo os trabalhadores migrantes, em particular as mulheres migrantes, e pessoas em empregos precários	1	O desenvolvimento da indústria 4.0 não está associado diretamente com temas como imigração.
8.9	Até 2030, elaborar e implementar políticas para promover o turismo sustentável, que gera empregos e promove a cultura e os produtos locais	1	O desenvolvimento da indústria 4.0 não está associado diretamente com temas como turismo sustentável.
8.10	Fortalecer a capacidade das instituições financeiras nacionais para incentivar a expansão do acesso aos serviços bancários, de seguros e financeiros para todos	1	O desenvolvimento da indústria 4.0 não está associado diretamente com temas como expansão do acesso aos serviços bancários..
8.a	Aumentar o apoio da Iniciativa de Ajuda para o Comércio [Aid for Trade] para os países em desenvolvimento, particularmente os países menos desenvolvidos, inclusive por meio do Quadro Integrado Reforçado para a Assistência Técnica Relacionada com o Comércio para os países menos desenvolvidos	1	O desenvolvimento da indústria 4.0 não está associado diretamente com temas como comércio internacional..
8.b	Até 2020, desenvolver e operacionalizar uma estratégia global para o emprego dos jovens e implementar o Pacto Mundial para o Emprego da Organização Internacional do Trabalho [OIT]	1	O desenvolvimento da indústria 4.0 não está associado diretamente com temas como Pacto Mundial para o Emprego..

Meta	Descrição	Classificação	Justificativa
9.1	Desenvolver infraestrutura de qualidade, confiável, sustentável e resiliente, incluindo infraestrutura regional e transfronteiriça, para apoiar o desenvolvimento econômico e o bem-estar humano, com foco no acesso equitativo e a preços acessíveis para todos	2	O avanço nas tecnologias de indústria 4.0 e suas aplicações fortalece o desenvolvimento econômico e moderniza as infraestruturas que o apoia.
9.2	Promover a industrialização inclusiva e sustentável e, até 2030, aumentar significativamente a participação da indústria no setor de emprego e no PIB, de acordo com as circunstâncias nacionais, e dobrar sua participação nos países menos desenvolvidos	1	O desenvolvimento da indústria 4.0 pode potencialmente agravar o desemprego.
9.3	Aumentar o acesso das pequenas indústrias e outras empresas, particularmente em países em desenvolvimento, aos serviços financeiros, incluindo crédito acessível e sua integração em cadeias de valor e mercados	1	O desenvolvimento da indústria 4.0 não está diretamente relacionado ao aumento de acesso à serviços financeiros.
9.4	Até 2030, modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente corretos; com todos os países atuando de acordo com suas respectivas capacidades	3	O desenvolvimento da indústria 4.0 moderniza e torna as indústrias mais sustentáveis e mais eficientes.
9.5	Fortalecer a pesquisa científica, melhorar as capacidades tecnológicas de setores industriais em todos os países, particularmente os países em desenvolvimento, até 2030, incentivando a inovação e aumentando substancialmente o número de trabalhadores de pesquisa e desenvolvimento por milhão de pessoas e os gastos público e privado em pesquisa e desenvolvimento	3	O desenvolvimento da indústria 4.0 é potencializado pela pesquisa acadêmica, mas também promove a pesquisa científica à medida que oferece mais estudos de caso e incentiva a inovação de uma maneira geral.
9.a	Facilitar o desenvolvimento de infraestrutura sustentável e resiliente em países em desenvolvimento, por meio de maior apoio financeiro, tecnológico e técnico aos países africanos, aos países menos desenvolvidos, aos países em desenvolvimento sem litoral e aos pequenos Estados insulares em desenvolvimento	1	O desenvolvimento da indústria 4.0 não impacta diretamente o desenvolvimento econômico de países em desenvolvimento.
9.b	Apoiar o desenvolvimento tecnológico, a pesquisa e a inovação nacionais nos países em desenvolvimento, inclusive garantindo um ambiente político propício para, entre outras coisas, a diversificação industrial e a agregação de valor às commodities	2	O desenvolvimento da indústria 4.0 não impacta diretamente o desenvolvimento econômico de países em desenvolvimento.
9.c	Aumentar significativamente o acesso às tecnologias de informação e comunicação e se empenhar para oferecer acesso universal e a preços acessíveis à internet nos países menos desenvolvidos, até 2020	1	O desenvolvimento da indústria 4.0 não está diretamente relacionado à facilidade de acesso e universalização da internet em países menos desenvolvidos.

Fonte: Os autores (2019)

A partir da análise, podemos definir as metas 8.1, 8.2, 8.4, 9.1, 9.4, 9.5 e 9.b como as mais relevantes e que merecem ser avaliadas a partir das perspectivas dos países estudados neste trabalho. Como definido no título do trabalho, o ponto focal da pesquisa é entender como o desenvolvimento da indústria 4.0 em cada um dos países contribui para as seguintes metas.

- **8.1:** Sustentar o crescimento econômico per capita de acordo com as circunstâncias nacionais e, em particular, um crescimento anual de pelo menos 7% do produto interno bruto nos países menos desenvolvidos.

Em ambos os países analisados, o desenvolvimento da indústria 4.0 é apoiado por um grande interesse das entidades governamentais em potencializar o seu avanço. Isso fica claro a partir do grande número de planos nacionais estratégicos identificados na esfera pública. O interesse do governo advém de um reconhecimento da indústria e da academia da alta importância e potencial que a indústria 4.0 possui. A grande motivação para implementação das tecnologias por trás do conceito é resultado da crença de que pela primeira vez na história, a sociedade está premeditando uma revolução industrial, e que esta ocorrerá em todos os setores. Esta ideia se torna atraente para governos pois as revoluções industriais anteriores foram fenômenos que sustentaram o crescimento econômico dos países que participaram das mesmas. A indústria 4.0 já representa uma vantagem econômica para países como a Alemanha e os países em desenvolvimento como Brasil e China estão claramente interessados em se posicionar bem nesta disputa por pioneirismo tecnológico.

- **8.2:** Atingir níveis mais elevados de produtividade das economias por meio da diversificação, modernização tecnológica e inovação, inclusive por meio de um foco em setores de alto valor agregado e dos setores intensivos em mão de obra.

Um dos principais apelos do conceito de indústria 4.0 e de suas tecnologias acompanhantes é o aumento da produtividade a partir da modernização tecnológica. Em cada um dos países analisados, é possível perceber a tentativa de inserção da indústria 4.0 em setores diversificados: tanto aqueles de alto valor agregado quanto os intensivos em mão de obra. No Brasil temos empresas como Thyssenkrupp, uma empresa com um portfólio extremamente diversificado, responsável pela produção desde elevadores até plantas de fábrica para indústrias de alta tecnologia, implementando soluções de indústria 4.0 no país. Na China, iniciativas como a da empresa Chenhan, com a implementação de uma solução de centro de monitoramento para uma rede elétrica deixa em evidência o potencial que o

desenvolvimento da indústria 4.0 tem para não apenas a inovação, mas também a modernização e diversificação tecnológica em diferentes setores.

- **8.4:** Melhorar progressivamente, até 2030, a eficiência dos recursos globais no consumo e na produção, e empenhar-se para dissociar o crescimento econômico da degradação ambiental, de acordo com o Plano Decenal de Programas sobre Produção e Consumo Sustentáveis, com os países desenvolvidos assumindo a liderança; e **9.4:** Até 2030, modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente corretos; com todos os países atuando de acordo com suas respectivas capacidades.

De acordo com o grupo pioneiro da indústria 4.0, entre as principais possibilidades a disposição de organizações que adotarem e implementarem o conceito de indústria 4.0 em seus sistemas, está o que é chamado de “resource-efficient circular economy”, onde desde a concepção e design de produtos, o ciclo de vida dos mesmos seria levado em conta, a partir do auxílio de dados. A aproximação do conceito de TICs com o de indústria 4.0, possibilita o vislumbamento de sistemas inteiramente conectados, e capazes de coletar os mais diferentes tipos de informações a respeito do ciclo de vida dos produtos. Esses dados são capazes de diretamente melhor planejar a produção e o design de produtos, e assim reduzir o desperdício e a degradação ambiental. Ainda que quase inexistentes entre os artigos chineses, essa relação fica evidente entre o material brasileiro analisado. Dos artigos advindos do WoS e que não foram excluídos da análise, oito abordavam sustentabilidade de alguma forma. Na maioria dos casos, os artigos que se encaixam nessa temática dissertam a respeito do conceito de economia circular sob diferentes sistemas.

- **9.1:** Desenvolver infraestrutura de qualidade, confiável, sustentável e resiliente, incluindo infraestrutura regional e transfronteiriça, para apoiar o desenvolvimento econômico e o

bem-estar humano, com foco no acesso equitativo e a preços acessíveis para todos.

A logística otimizada e o estabelecimento de redes inteligentes pela indústria 4.0 apoia o desenvolvimento do tipo de infraestrutura necessária hoje nas sociedades. A partir do momento que soluções como a observada no estudo de caso em que foi proposta a implementação da plataforma de IoT Fiware na rede de ônibus paulista são feitas, o desenvolvimento da indústria 4.0 se transforma em um agente direto na melhoria do bem-estar humano, melhorando as condições de vida e ajudando a construir infraestruturas que expandem o acesso à novas soluções para todos.

- **9.5:** Fortalecer a pesquisa científica, melhorar as capacidades tecnológicas de setores industriais em todos os países, particularmente os países em desenvolvimento, inclusive, até 2030, incentivando a inovação e aumentando substancialmente o número de trabalhadores de pesquisa e desenvolvimento por milhão de pessoas e os gastos público e privado em pesquisa e desenvolvimento.

Como observado anteriormente nas análises qualitativas da esfera acadêmica em cada um dos países analisados, a academia e portanto, produção acadêmica, se apresenta como um dos principais agentes responsáveis pelo avanço da indústria 4.0. Por mais que no contexto brasileiro tenha sido observado uma desconexão entre a realidade da produção científica e aplicações concretas, o desenvolvimento industrial chinês se apresenta como um impulsionador da pesquisa científica. A partir do reconhecimento da academia da importância do tema para o desenvolvimento industrial, professores e pesquisadores passam a intensificar a pesquisa nestas áreas, devido a uma maior relevância do tema.

- **9.b:** Apoiar o desenvolvimento tecnológico, a pesquisa e a inovação nacionais nos países em desenvolvimento, inclusive garantindo um ambiente político propício para, entre outras coisas, a diversificação industrial e a agregação de valor às commodities.

Enquanto o desenvolvimento da indústria 4.0 é de interesse de metas dos ODS como esta, o inverso também pode ser dito, onde a meta é de interesse do desenvolvimento da indústria 4.0. Como vimos anteriormente, o desenvolvimento da mesma fortalece a pesquisa e inovação nacionais, sobretudo como método de apoio para um maior desenvolvimento tecnológico. O ambiente político é um tema recorrente nos dois países, e pode-se dizer que é tema central no contexto chinês, onde entre todos os artigos analisados na etapa 2, 26 tratavam diretamente de estratégias nacionais, buscando de uma maneira geral obter aprendizados a respeito dos planos e políticas de governos de países desenvolvidos e assim, garantir um ambiente benéfico para o desenvolvimento da indústria 4.0 em seu país. O estabelecimento de um ambiente político amigável é como um efeito do desenvolvimento da indústria 4.0, uma vez que ele prevê políticas públicas e legislações que apoiam antes de qualquer coisa, o desenvolvimento tecnológico nacional e internacional.

7 Conclusão

Após a finalização da análise do estado de desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil e na China, da identificação das metas dos ODS 8 e 9 que podem ser impactadas e as que são impactadas positivamente pelo desenvolvimento da Indústria 4.0, e da maneira como o desenvolvimento da indústria 4.0 em cada um dos países contribui para as metas identificadas, podemos responder à nossa questão de pesquisa.

Quais são as principais contribuições do desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil e na China para os ODS das Nações Unidas? Para responder a essa pergunta é necessário primeiro recapitularmos algumas diferenças e similaridades fundamentais entre os dois países. Conforme investigado ao longo deste trabalho, na história recente do Brasil, tem ocorrido um fenômeno de desindustrialização, ao contrário da China, que formou uma indústria muito volumosa e ampla nos últimos anos. Apesar do volume e amplitude da indústria de manufatura chinesa, o nível de complexidade tecnológica e capacidade de inovação não figuram no mesmo nível dos países que se encontram no topo do desenvolvimento industrial. A situação do Brasil em inovação e grau de complexidade tecnológica de seu parque industrial também não têm destaque internacional.

Apesar do baixo destaque do grau de complexidade em manufatura na China e no Brasil, a taxa de desenvolvimento é um fator de diferenciação para os dois países. Enquanto a China evolui rapidamente, apoiada por políticas públicas que priorizam a transformação digital do país e por uma grande capacidade de crescimento em função do tamanho de seu parque manufatureiro, o Brasil não evolui rapidamente, não possui volume e amplitude em empresas de manufatura, e políticas públicas de transformação digital do país não figuram como prioridade nas agendas de governo.

Dado esse cenário, podemos dizer que o desenvolvimento da Indústria 4.0 na China contribui de maneira relevante para todas as seis metas identificadas. Em destaque, podemos dizer que provavelmente a Indústria 4.0 auxiliará o país a sustentar um alto crescimento econômico em regiões domésticas ainda em desenvolvimento e contribuirá muito para o atingimento de níveis mais elevados de produtividade.

Já no Brasil, as principais contribuições do desenvolvimento da Indústria 4.0 serão nas metas 9.5 e 9.b do ODS 9. De fato, os avanços em Indústria 4.0 deverão contribuir muito para fortalecer a pesquisa científica no país e apoiar PD&I em diferentes setores, especialmente permitindo agregação de valor às *commodities*. Já para as demais metas identificadas (8.1, 8.2, 8.4, 9.1 e 9.4) não se pode afirmar que elas sofrerão grandes impactos com esse desenvolvimento, pois isso exigiria um setor de manufatura local mais forte e mais amadurecido.

Referências Bibliográficas

ABDI, 2017. *INOVAÇÃO, MANUFATURA AVANÇADA E O FUTURO DA INDÚSTRIA, UMA CONTRIBUIÇÃO AO DEBATE SOBRE AS POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO PRODUTIVO*, s.l.: s.n.

ABDI, 2018. *Agenda brasileira para a Indústria 4.0*. [Online] Available at: <http://www.industria40.gov.br/> [Acesso em 2019 6 1].

Abubakar, A. M., Elrehail, H., Alatailat, M. A. & Elçi, A., 2017. Knowledge management, decision-making style and organizational performance. *Journal of Innovation & Knowledge*.

Adriaanse, L. S. & Rensleigh, C., 2011. Comparing Web of Science, Scopus and Google Scholar from an Environmental Sciences perspective. *South African Journal of Libraries and Information Science* 77(2), pp. 169-178.

AIRES, R. W. A., KEMPNER-MOREIRA, F. K. & FREIRE, P. S., 2017. *Indústria 4.0: competências requeridas aos profissionais da quarta revolução industrial*. s.l., CONGRESSO INTERNACIONAL DE CONHECIMENTO E INOVAÇÃO (CIKI).

AMARAL, B., 2019. Governo pretende usar R\$ 300 milhões do saldo da EAD para backbone no Norte. *Teletime*, Issue 5 jun.

Atzori, L., Iera, A. & Morabito, G., 2010. The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), p. 2787–2805.

BRASIL, 2014. Decreto n. 8.269 , de 25 de jun. de 2014. *Brasília - DF*.

BRASIL, 2014. Institui o Programa Nacional de Plataformas do Conhecimento e seu Comitê Gestor. *Decreto n. 8.269, de 25 de jun. de 2014*.

BRASIL, 2018. Institui o Sistema Nacional para a Transformação Digital e estabelece a estrutura de governança para a implantação da Estratégia Brasileira para a Transformação Digital. *Decreto n. 9.319, de 21 de mar. de 2018*, Volume mar. 2018.

Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M. & Rosenberg, N., 2014. How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Science, Engineering and Technology*, Volume 8, pp. 37-44.

Candea, B. & Rabelo, R., 2018. Agenda Brasileira para Indústria 4.0, Programa Nacional Startup Indústria e HUBS de Inovação.

CHINA, R. P. D., 2012. Aviso do Plano Nacional de Desenvolvimento da Indústria Emergente do “Décimo Segundo Plano Quinquenal para o Desenvolvimento das Indústrias Nacionais Estratégicas”. *Escritório Geral do Conselho de Estado da RPC*, Volume 9 de jun.

CHINA, R. P. D., 2015. Aviso do Conselho de Estado de Impressão e Distribuição "Made in China 2025" (国务院关于印发《中国制造 2025》的通知). *国发*, Volume 28 号.

CHINA, R. P. D., 2015. Orientação do Conselho de Estado sobre a promoção ativa da ação ‘Internet +’ (国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见). *Conselho de Estado*, 国发〔2015〕(40号).

CHINA, R. P. D., 2015. Visão e ação para promover a construção do Cinturão Econômico da Rota da Seda e da Rota Marítima Marítima do Século XXI (推动共建丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的愿景与行动). *Conselho de Estado (国务院)*.

CNKI, 2019. *China Academic Journals Full-text Database (CJFD)*. [Online]

Available at: <http://oversea.cnki.net/kns55/brief/result.aspx?dbPrefix=CJFD>

DAUDT, G. M. & WILLCOX, L. D., 2016. Reflexões críticas a partir das experiências dos Estados Unidos e da Alemanha em manufatura avançada. *BNDES Setorial*, Issue 44, pp. 5-45.

Dolgui, A., Ivanov, D., Sethi, S. P. & Sokolov, B., 2018. Scheduling in production, supply chain and Industry 4.0 systems by optimal control: fundamentals, state-of-the-art and applications. *International Journal of Production Research*, p. 1–22.

Drath, R. & Horch, A., 2014. Industrie 4.0: Hit or Hype?. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(2), p. 56–58.

FREITAS, M. C. P., 2018. IEDI. *ESTRATÉGIAS NACIONAIS PARA A INDÚSTRIA 4.0*.

Gattullo, M. et al., 2019. Towards augmented reality manuals for industry 4.0: A methodology. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Volume 56, p. 276–286.

GIZ, D. G. f. I. Z., 2017. Sino-German Cooperation on Industrie 4.0.

HARZING, A. W. & ALAKANGAS, S., 2016. Google Scholar, Scopus and the Web of Science: A longitudinal and cross-disciplinary comparison. *Scientometrics*, vol. 106, no. 2, pp. 787-804.

Hermann, M., Pentek, T. & Otto, B., 2015. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review.

HE, Z.-c. & PAN, H.-y., 2015. "Industrie 4.0" da Alemanha e "Made in China 2025" ("德国“工业 4.0”与“中国制造 2025”). *长沙理工大学学报(社会科学版)*, v. 3.

Hofmann, E. & Rüsçh, M., 2017. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, Volume 89, p. 23–34.

HU, A.-g., 2011. "O Décimo Segundo Plano Quinquenal" e Desenvolvimento Verde da China (中国“十二五”规划与绿色发展).

Huang, S., 2015. Transformação e modernização da indústria de manufatura: o esclarecimento da "Indústria 4.0" alemã (制造业转型升级:德国“工业 4.0”的启示).

Hu, J., 2015. Estudo Comparativo entre “Industrial Internet”, “Industrie 4.0” e Integração Profunda das “Duas Modernizações” (工业互联网、工业 4.0 和“两化”深度融合的比较研究).

KAGERMANN, H., LUKAS, W.-D. & WOLFGANG, . W., 2011. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. *VDI Nachrichten*.

Kagermann, H., Wahlste, W. & J. Helbig, e. ..., 2013. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group.

Kang, H. S. et al., 2016. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3(1).

Lasi, H. et al., 2014. Industrie 4.0. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK*, 56(4), p. 261–264.

Lee, J., Bagheri, B. & Kao, H. A., 2015. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing letters*, 3, pp. 18-23.

Lee, J., Kao, H. A. & Yang, S., 2014. Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *Procedia Cirp*, Volume 16, pp. 3-8.

Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. & Ramos, L. P., 2017. Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. *International journal of production research*, 55(12), pp. 3609-3629..

Liao, Y. et al., 2018. The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison. *Production*, 28.

LIU, 刘. & CHEN, 陈., 2017. Discurso de Xi Jinping na Cerimônia de Abertura do Fórum de Cúpula de Cooperação Internacional "Belt and Road" (习近平在“一带一路”国际合作高峰论坛开幕式上的演讲). *XINHUA*.

Li, W. & Xiao, D., 2014. Academic journals in China: past, present and future. *The Future of the Academic Journal (Second Edition)*.

López-Cózar, E., Orduna-Malea, E. & Martín-Martín, A., 2018. Google Scholar as a data source for research assessment. *Cornell University*.

LU, J., 2004. Scientific Publication in China: An Overview and Some Thoughts on Improvement. *Science Editor*.

LU, W., CHEN, J. & LIU, J., 2018. Quarta Revolução Industrial e Inovação em Inteligência Artificial (第四次工业革命与人工智能创新). *高等工程教育研究*, n. 3, p. 10.

LU, Y., 2017. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, Volume 6, pp. 1-10.

MARIANO, A. M. & ROCHA, M. S., 2017. *Revisão da Literatura: Apresentação de uma Abordagem Integradora*. Reggio di Calabria (Italy), AEDEM International Conference.

MCTIC, 2017. Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil – ProFuturo (Produção do Futuro).

MCTIC, 2018. Estratégia brasileira para a transformação digital.

MCTIC, A., 2019. *Começam os trabalhos da Câmara Brasileira da Indústria 4.0*. [Online] Available at: https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/salaImprensa/noticias/arquivos/2019/05/Comecam_os_trabalhos_da_Camara_Brasileira_da_Industria_40.html [Acesso em 12 6 2019].

MIIT, 2013. Plano de Ação Especial para Integração Profunda da Informatização e Industrialização (2013-2018). Volume 5 de Set.

MIIT, 工., 2013. Plano de Ação Especial para a Integração Profunda da Informatização e Industrialização (2013-2018) 《信息化和工业化深度融合专项行动计划(2013-2018年)》.

MIIT, 工., 2014. Anteprojeto de Desenvolvimento e Promoção da Indústria Nacional de Circuito Integrados 《国家集成电路产业发展推进纲要》. *Secretaria de Informática*, Volume 24 de jun.

Mongeon, P. & Paul-Hus, A., 2016. The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, vol. 106, issue 1, pp. 213-228.

Monostori, L. et al., 2016. Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals*, 65(2), p. 621–641.

Nobre, C. A. et al., 2016. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(39), p. 10759–10768.

PEI, C. & YAN, Y., 2014. German “Industry 4.0” and Sino-German Manufacturing Cooperation New Development (德国“工业 4.0”与中德制造业合作新发展). *财经问题研究*, pp. 27-33.

PISCHING, M. A., JUNQUEIRA, F., SANTOS, D. J. & MIYAGI, P. E., 2015. *Service composition in the cloud-based manufacturing focused on the industry 4.0.* s.l., Springer, pp. 65-72.

POLÔNIA, P. V., MELGAREJO, L. F. B. & QUEIROZ, M. H., 2015. *A resource oriented architecture for Web-integrated SCADA applications.* s.l., s.n., pp. 1-8.

SARTI, F. & HIRATUKA, C., 2017. Desempenho recente da indústria brasileira no contexto de mudanças estruturais domésticas e globais. Texto para Discussão.. *IE/Unicamp*, Volume n. 290.

SCHWAB, K., 2016. *The Fourth Industrial Revolution*. s.l.:Currency.

Stock, T. & Seliger, G., 2016. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, Volume 40, p. 536–541.

TAO, F. & QI, Q., 2019. New IT Driven Service-Oriented Smart Manufacturing: Framework and Characteristics. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Systems*, 49(1), pp. 81-91.

Thompson, R. F. et al., 2018. Radiotherapy and Oncology. *Artificial intelligence in radiation oncology: A specialty-wide disruptive transformation*.

TONTA, Y. & DOĞAN, G., 2016. *Industry 4.0: Mapping the Structure and Evolution of an Emerging Field*. [Online] Available at: http://yunus.hacettepe.edu.tr/~tonta/yayinlar/tonta-dogan_imcw-2016.pdf

VASCONCELOS, G., 2019. Finep financiará planos de inovação digital de até R\$ 5 milhões. *Valor Econômico*, Volume 10 jun. .

VERMULM, R., 2018. *POLÍTICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL*, s.l.: s.n.

Vogel, R. & Güttel, W. H., 2012. The Dynamic Capability View in Strategic Management: A Bibliometric Review. *International Journal of Management Reviews*.

Wang, S., Wang, H. & Weldon, P., 2007. Bibliometric analysis of English-language academic journals of China and their internationalization. *Scientometrics*, p. 331–343.

Wang, S. et al., 2016. Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. *Computer Networks*, Volume 101, p. 158–168.

WANG, T., 2011. Qual é o valor do investimento de baixo carbono? (低碳投资价值有多大).

Wang, X. 王., 2015. Indústria 4.0, Internet, Made in China 2025: Direção futura da transformação e modernização da manufatura na China (工业 4.0、互联网+、中国制造 2025: 中国制造业转型升级的未来方向).

Wan, S. et al., 2018. Multi-dimensional data indexing and range query processing via Voronoi diagram for internet of things. *Future Generation Computer Systems*.

WEI, S., 2011. A China deve aproveitar a oportunidade histórica da nova revolução energética (中国要抓住新能源革命的历史契机).

Wermann, J., Kliesing, N., Colombo, A. W. & Moraes, E. C., 2015. *Impact of new ICT trends for the educational curriculum in the area of Industrial Automation and engineering*. s.l., IECON.

Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M. & Gorecky, D., 2015. Towards Industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3).

Wollschlaeger, M., Sauter, T. & Jasperneite, J., 2017. The Future of Industrial Communication: Automation Networks in the Era of the Internet of Things and Industry 4.0. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 11(1), pp. 17-27.

XINHUA, A. d. N., 2014. 中德合作行动纲要 (全文) . XINHUA.

XU, D., NIE, B., WANG, L. & XUE, F., 2013. Accurate localization technology in fully mechanized coal face: The first step towards coal mining industry 4.0. *Disaster Advances*, 6,, pp. 69-77.

Xu, L. D. & Duan, L., 2019. Big data for cyber physical systems in industry 4.0: a survey. *Enterprise Information Systems*, 13(2), pp. 148-169.

ZHANG, F., 2011. Nova Exploração da Teoria do Desenvolvimento Social - Leitura do Novo Trabalho de Han Minqing "Nova Teoria da Indústria" (社会发展理论的新探索——读韩民青的新著《新工业论》).

Zhang, K. & Cai, Z., 2015. Globalização 4.0, Desenvolvimento coordenado regional 4.0 e indústria 4.0: O pano de fundo, essência intrínseca e principal força motriz da estratégia "Belt and Road" (全球化 4.0、区域协调发展 4.0 与工业 4.0——“一带一路”战略的背景、内在本质与关键动力). *Journal of Zhengzhou University*.

ZHANG, S., 2014. Industry 4.0 e Intelligent Manufacturing (工业 4.0 和智能制造). *机械设计与制造工程*, v. 43, n. 8, pp. 1-5.

ZHANG, 张. & YUAN, 袁., 2017. 李克强主持召开国务院常务会议 部署创建“中国制造 2025”国家级示范区. *新华社*.

ZHAO, R.-y. & QIU, J.-p., 2005. Study on the Development of CNKI (CNKI 发展研究) . *情报科学*.

WTO Director General Azevedo on Trade, Brexit, Trump. Bloomberg. **Youtube.** 22 fev. 2017. 7min48s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=9zTFS3Ju-f8&t=82s>> Acesso em 15 jun. 2019

Lançamento da Câmara da Indústria 4.0. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Youtube.** 5 abr. 2019. 4min11s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?time_continue=28&v=CwMxatR3iDA> Acesso em 15 jun. 2019