

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE GESTÃO E NEGÓCIOS

AMANDA DE PAIVA PEREIRA FREITAS

**ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE
INDÚSTRIA 4.0**

UBERLÂNDIA
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE GESTÃO E NEGÓCIOS

AMANDA DE PAIVA PEREIRA FREITAS

**ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE
INDÚSTRIA 4.0**

Trabalho de Conclusão de Curso em Administração da Faculdade de Gestão e Negócios – FAGEN, da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, como requisito para obtenção do diploma de Bacharel em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Lopes Pimenta

UBERLÂNDIA
2018

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE INDÚSTRIA 4.0

Trabalho de Conclusão de Curso em Administração
da Faculdade de Gestão e Negócios – FAGEN, da
Universidade Federal de Uberlândia – UFU, como
requisito para obtenção do diploma de Bacharel em
Administração.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Lopes Pimenta

Uberlândia, ____ de _____ de _____.

Prof. Dra. Etienne Cardoso Abdala, UFU/MG

Prof. Dr. Márcio Lopes Pimenta, UFU/MG

Prof. Dra. Miriam Tiemi Takimura UFU/MG

RESUMO

A indústria 4.0 corresponde ao emprego disseminado das tecnologias de digitalização e comunicação. Também denominada de quarta revolução industrial se relaciona à aplicação de tecnologias à manufatura, bem como a modernização das organizações através do uso de máquinas e objetos inteligentes, como o *smartmanufacturing*, *cyber production systems*, *IoT*, *big data* e impressão 3D, por exemplo. Neste contexto, o presente estudo realizou uma análise bibliométrica abrangendo a indústria 4.0, a fim de analisar o atual estado das publicações científicas sobre o tema. Realizou-se uma revisão sistemática da literatura para identificar e analisar as principais contribuições das pesquisas. Obteve-se uma amostra final de 52 artigos que foram considerados nesta revisão. A análise de conteúdo dos artigos permitiu identificar e caracterizar sete categorias principais: objetivos dos periódicos, área de atuação das revistas, ano de publicação, país da pesquisa de campo, metodologia adotada no estudo, contribuições da pesquisa e sugestões de estudos futuros.

Palavras chave: indústria 4.0, sustentabilidade, bibliometria.

ABSTRACT

Industry 4.0 refers to the widespread work of scanning and communication technologies. Also called the fourth industrial revolution it is related to the application of technology to the manufacturing field, as well as the modernization of organizations through the use of intelligent machines and objects, such as smart manufacturing, cyber production systems, IoT, big data and 3D printing, for example. At this context, the present study analyses the industry 4.0 literature and its relationship with environmental sustainability. A systematic review of the literature was conducted to identify and analyze the main research contributions. We obtained a final sample of 52 articles that were considered in this study. Data analysis allowed to identify and characterize the main categories: main contributions, suggestions for future research, as well as descriptive data related to the main journals, country of field research and publication year.

Keywords: industry 4.0, environment sustainability, bibliometric research.

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	6
2.0 REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 Revolução Industrial	8
2.2 Indústria 4.0	11
2.2.1 Smart Factory	12
2.2.2 Big Data	13
2.2.3 Internet of Things – IoT	14
2.2.4 Cyber Physical Systems – CPS	14
2.2.5 Sustentabilidade no contexto da indústria 4.0	15
2.3 Bibliometria	16
3.0 METODOLOGIA	16
4.0 ANÁLISE DOS DADOS	18
4.1 Objetivos dos periódicos	18
4.2 Área de atuação dos periódicos	19
4.3 Ano das publicações	20
4.4 País da pesquisa de campo	20
4.5 Método de pesquisa dos periódicos	21
4.6 Contribuições da pesquisa	22
4.7 Sugestões da pesquisa:	24
5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
6.0 REFERÊNCIAS	27

1.0 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novas tecnologias associado a crescente utilização de mecanismos digitais, têm levado as organizações adaptar seus processos como forma de se destacar no mercado competitivo.

Determinada adaptação é relacionada ao cenário da globalização, no qual as empresas buscam a obtenção de vantagens competitivas duradouras para se diferenciar diante seus concorrentes. É a partir dessas estratégias que o processo da indústria 4.0 vem ganhando destaque, sendo também denominado como a quarta revolução industrial (OLIVEIRA; SIMÕES, 2016).

Segundo Cavalcanti e Nogueira (2017), a indústria 4.0 pode ser caracterizada pelo uso de processos que utilizam máquinas gerenciadas por inteligência tecnológica, como por exemplo a robótica colaborativa. Os autores ainda destacam a diferença dessa era em relação a primeira, segunda e terceira revolução industrial, comparando a mesma como uma revolução digital que veio para modernizar os processos das organizações (CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2017).

Para Stock e Seliger (2016), o desenvolvimento da indústria 4.0 tem se apresentado substancialmente presente nas indústrias de transformação. Ou seja, os processos dessa nova revolução estão associados as denominadas fábricas inteligentes, nas quais fazem uso da tecnologia para otimizar suas atividades e garantir resultados precisos em comparação com as empresas que não estão inseridas no modelo da indústria 4.0 (STOCK; SELIGER, 2016).

De acordo com o CNI (2017), mesmo sendo um processo em crescimento dentro das organizações, é possível notar diversos ganhos em suas adaptações, como o futuro impacto no PIB brasileiro em aproximadamente US\$ 39 bilhões até o ano de 2030. Ou seja, as empresas que buscam se desenvolver e obter destaque dentro da economia do país devem se adequar diante a esses novos processos, almejando não somente o crescimento financeiro, mas também posições de destaques no mercado.

Além disso, Fraga, Freitas e Souza (2016), apontam que o desenvolvimento da indústria 4.0 pode ser notado ao propiciar que novos modelos de negócios sejam notados diante o mercado, no qual essa nova revolução pode redefinir diferentes setores de atividades econômicas no país. A partir dessa mudança novos empreendedores podem desenvolver suas atividades e conquistar o mercado com a aplicação de novas tecnologias e processos digitais,

destacando novamente a relevância das atuais organizações em se adaptar diante esses novos processos (FRAGA; FREITAS; SOUZA, 2016).

Já Stock e Seliger (2016), destacam entre os benefícios da indústria 4.0, o crescimento da competitividade entre os sistemas produtivos das empresas, o que faz com que a busca em desenvolver os melhores processos digitais entre elas se torne uma prática cada vez mais comum no cenário mercadológico.

Para Oliveira e Simões (2016), o desenvolvimento das organizações frente a indústria 4.0 está associado a compreensão e utilização de conceitos como a internet das coisas, os sistemas ciber-físicos e *obig data*. Autores como Santos (2017), apontam os processos referentes a segurança de dados, como exemplo a utilização de nuvem para armazenamento dados, sendo importantes mecanismos de aplicação diante essa nova revolução.

O desenvolvimento de estudos bibliométricos, no qual são realizados em meio científico, auxiliam na compreensão de tecnologias e suas aplicações diante a indústria 4.0. De acordo com Guedes e Borschiver (2005), a realização de estudos bibliométricos contribui diretamente para o agrupamento de informações relevantes sobre determinado tema, proporcionando maior entendimento diante suas aplicações em meio científico.

Todavia, segundo dados do CNI (2017), apenas 58% das empresas brasileiras apontam conhecimento sobre a relevância e utilização de tecnologias digitais em seus processos. Isso revela a oportunidades das empresas em adquirir conhecimentos em adaptar suas atividades e buscar o desenvolvimento da indústria 4.0 diante seus concorrentes.

Segundo Santos (2017), os resultados de países como Brasil se encontram distantes dos índices apresentados por outros países, os quais muitos são considerados grandes potências econômicas referente a aplicação da indústria 4.0. Isso corrobora a necessidade das organizações brasileiras e demais países com baixa aplicação dos processos tecnológicos digitais em se adaptar e desenvolver seus processos.

De acordo com Oliveira e Simões (2016), a falta de aplicação das atividades da indústria 4.0 está associada a distância desses países em acesso a tecnologias em universidades, que são responsáveis na formação e desenvolvimento dos agentes que podem impulsionar novos processos tecnológicos.

A partir do contexto acima, o objetivo do presente estudo é identificar e analisar as principais publicações na literatura, referente ao tema da indústria 4.0.

Os objetivos específicos podem ser apresentados em: realizar o levantamento das principais publicações referente a indústria 4.0 em uma plataforma de pesquisa; analisar os

resumos dos principais artigos acadêmicos, buscando conexões com os principais conceitos de indústria 4.0; realizar a análise de conteúdo dos artigos selecionados e identificar as principais conexões dos artigos analisados com os códigos criados na análise de conteúdo.

O presente estudo apresenta relevância pela necessidade em analisar as principais publicações referentes ao tema indústria 4.0 nos últimos anos, visando apresentar aos gestores de diferentes organizações como essa revolução dos processos digitais estão sendo destacados em meio as pesquisas acadêmicas.

Além disso, a pesquisa apresenta importância em apresentar as diferentes oportunidades, relatadas nos estudos classificados, para organizações em detrimento das aplicações dos conceitos da indústria 4.0.

O estudo é apresentado, além desta seção introdutória, por uma seção que revisa os principais conceitos associados a indústria 4.0, pela metodologia aplicada para identificação das publicações, a análise dos dados e finalizada com as considerações finais.

2.0 REFERENCIAL TEÓRICO

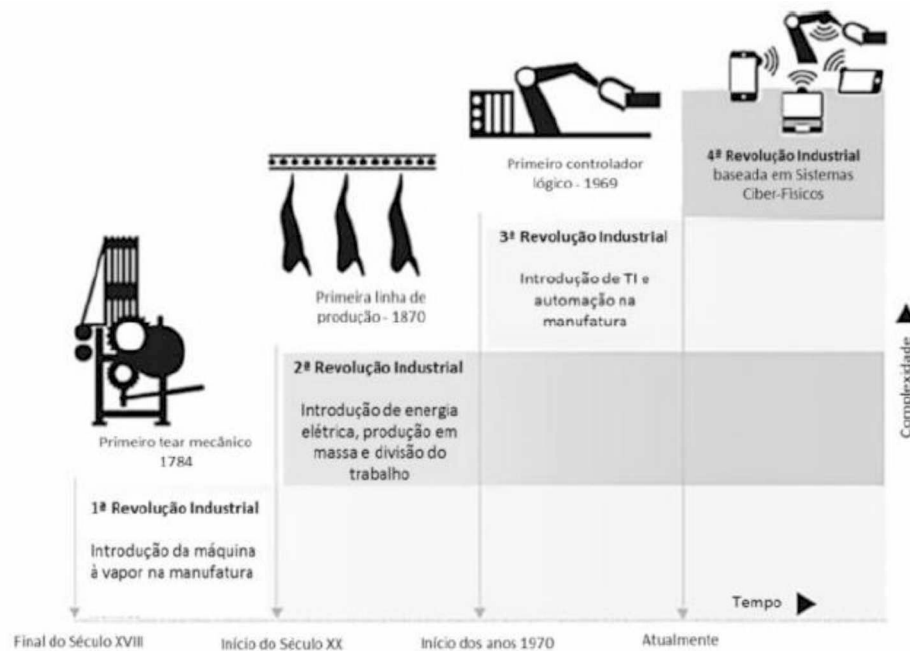
A seguinte seção será apresentada em três partes. A primeira irá destacar o histórico da primeira, segunda e terceira revolução industrial, acentuando como elas proporcionaram o desenvolvimento da indústria 4.0. Na segunda seção será apresentado as principais definições de indústria 4.0, evidenciando também os principais conceitos de suas tecnologias relacionadas junto a sustentabilidade associada ao tema. Por último, na terceira parte será destacado uma breve contextualização sobre bibliometria de estudos científicos.

2.1 Revolução Industrial

O desenvolvimento tecnológico acrescido com o avanço das relações trabalhista em meio mercadológico impulsionaram relevantes transições, que contribuíram para inúmeras mudanças na era industrial.

Segundo Duarte (2017), as transições na era industrial podem ser apresentadas como revoluções, sendo apresentado pelo autor na figura resumo 1, abaixo exposta:

Figura 1 – Resumo avanço da indústria 4.0



Fonte: Duarte (2017, p. 27)

A primeira revolução industrial, foi compreendida entre os anos de 1760 a 1830 na Inglaterra. O principal marco dessa revolução foi a introdução da mecanização dos processos, que muitas das vezes era realizado de forma manual. Dessa forma surgiram as primeiras fábricas da maquinofatura, sendo realizado a separação entre as relações dos donos de meios de produção e os trabalhadores assalariados (LU, 2017). Ou seja, foi nessa primeira etapa da revolução que o método do saber fazer, por parte dos profissionais que muitas vezes trabalhavam de modo individual deixou de ser o principal meio de trabalho, para ser substituído pela rápida produção de consumo por parte das fábricas (LU, 2017).

Nessa primeira etapa da revolução teve a introdução da máquina a vapor na manufatura, estendendo as suas atividades aos setores da indústria têxtil, agricultura e transportes, sendo o carvão mineral o principal combustível para o abastecimento dessas máquinas (DUARTE, 2017).

A segunda revolução industrial teve início no ano de 1870 sendo foco na Europa, Estados Unidos e no Japão. O período de transição da primeira para a segunda revolução industrial se deve a eletricidade, que passou a ser o componente fundamental da produção em massa. Determinada produção era realizada sobre diferentes bens de consumos, que contribuíram para o crescimento da economia no século XX (DUARTE, 2017).

De acordo com Lu (2017), os principais setores envolvidos nessa segunda revolução foram o metalúrgico e químico, no qual materiais como o aço ganharam destaque nos processos produtivos das fábricas. É nesse processo, que modelos de trabalho como o proposto por Henry Ford, denominado de Fordismo, obtém sucesso junto a indústria automobilística, reforçando os produtos padronizados e a produção em massa (LU, 2017).

A terceira revolução industrial, com início em meados de 1960, tem seu grande marco introdutório com a apresentação de tecnologia da informação em meio as atividades dos processos produtivos das fábricas (DUARTE, 2017). Diante esse novo processo de revolução, termos como a informática, robótica e a computação, antes não empregadas nas atividades produtividade, passam a ganhar destaque.

Por meio das atividades da terceira revolução industrial, nota-se que ocorreu a integração de dois relevantes campos, sendo eles a física e a produção. A partir dessa união, os processos deixam de ser unicamente padronizados, as tecnologias digitais passam a ser destaque e os modelos de massa se tornam substituídos por métodos mais flexíveis (LU, 2017).

É válido destacar que foi apenas na terceira revolução industrial, que o computador passa a ser considerado como a principal máquina nas atividades produtivas. Por meio da união de hardware e software, essa ferramenta de trabalho apresenta grande destaque a tecnologia digital, permitindo maior adequação das tarefas produtivas por meio das equipes de controle (STOCK; SELIGER, 2017).

A partir do desenvolvimento das práticas apresentadas pela terceira revolução industrial associado ao crescimento e avanço de tecnologias, é possível citar uma quarta revolução industrial, também denominada como indústria 4.0 (LU, 2017).

Segundo Kagermann (2013), essa nova revolução é apresentada principalmente pelo novo modelo exigido pelo mercado, no qual as tendências mercadológicas apontam cada vez mais a exigência de fábricas inteligentes. Dentre essas tendências o autor cita o aumento das comunicações sem fio para rastreamento de equipamentos e as automações com especificidades mecânicas para monitoramento.

Ou seja, o desenvolvimento das atividades da maquinofatura junto aos apontamentos das tendências ao longo do tempo propiciou em um novo modelo de trabalho as indústrias, no qual as tecnologias são criadas para integração cada vez maior entre as máquinas e os humanos (SANTOS, 2017).

2.2 Indústria 4.0

Segundo Hermann (2015), a indústria 4.0 pode ser compreendida como um termo alemão, no qual designa um conceito coletivo de tecnologias e fábricas inteligentes diante ao monitoramento de processos.

Determinada definição vai de acordo ao exposto por Santos (2015, p. 12), que apresenta a indústria 4.0 como:

[...] um projeto no âmbito da estratégia de alta tecnologia do governo alemão que promove a informatização da Manufatura. O objetivo é chegar à fábrica inteligente (*SmartManufacturing*) que se caracteriza pela capacidade de adaptação, a eficiência dos recursos e ergonomia, bem como a integração de clientes e parceiros de negócios em processos de negócios e de valor. Sua base tecnológica é composta por sistemas físicos/cibernéticos e a Internet das Coisas. Especialistas acreditam que a Indústria 4.0 ou a quarta revolução industrial poderia ser realizada dentro de uma década (SANTOS, 2015, p 12).

Para Herber (2014), a indústria 4.0 faz parte de uma relevante descoberta do governo alemão, no qual busca apresentar um novo modelo de fabricação computadorizada, realizando a união entre os campos dos processos físicos e digitais. Ou seja, para o autor esse novo modelo de revolução industrial, busca aumentar as formas de comunicação das máquinas cada vez menos sem a interferência dos seres humanos.

Para Lu (2017), a indústria 4.0 pode ser entendida como um relevante processo, marcado pela automação de processos de digitalização e uso de ferramentas a Tecnologia da Informação para fabricação de produtos e serviços.

Segundo Sanders, Elangeswaran e Wulfsberg (2016), a indústria 4.0 representa a aplicação de conceitos dos sistemas ciber-físicos (CPS) e tecnologias que visam a construção de fábricas inteligentes, nas quais a dependência dos seres humanos diante o comando das máquinas seja cada vez menor.

Já para Hofmann e Rusch (2017, p. 25), ainda existe muitas discordâncias entre as definições e entendimentos dos autores diante a definição de indústria 4.0. Para tantos os autores, propõe uma conceituação, apresentando a indústria 4.0 como:

[...] a Quarta Revolução Industrial pode ser melhor descrita como uma mudança na lógica de fabricação para uma abordagem de valor cada vez mais descentralizada e auto-reguladora, habilitada por conceitos e tecnologias como CPS, IoT, IOS, computação em nuvem ou manufatura aditiva e fábricas inteligentes, de modo a ajudar as empresas a atender a produção futura requisitos (HOFMANN; RUSCH, 2017, p.25).

Segundo Hofmann e Rusch (2017), a definição acima apresentada só pode ser considerada pelas organizações quando estas definirem individualmente o que a indústria 4.0 significa para as mesmas. A partir disso, as empresas conseguem aplicar os processos definidos como parte da indústria 4.0 e como consequência se beneficiar de suas respectivas utilizações em suas atividades mercantis.

Para Wang e Wang (2016), a indústria 4.0 está associada a tecnologias digitais que detêm grande relevância no processo de fabricação, mas que não as limitam em suas respectivas utilizações. Dentre essas tecnologias é possível citar a *smartfactory*, *big data*, *internet of things* e *cyber physical systems*.

Segundo Branger e Pang (2015), as tecnologias associadas a nova revolução industrial são fundamentais para os processos de digitalização das empresas, no qual estas se tornam responsáveis pelo desenvolvimento das atividades organizacionais.

Autores como Oesterreich e Teuteberg (2016), apontam que mesmo com a maturidade e facilidade com que essas tecnologias se encontram disponíveis ao acesso das organizações, sua utilização não tem atingido os resultados almejados. Os estudiosos reforçam que as adoções de atividades para a digitalização e a automação de processos devem considerar as questões políticas, econômicas, sociais, ambientais e não somente a implantação das práticas tecnológicas, o que para muitas empresas ainda se torna um grande obstáculo (OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016).

A partir dos apontamentos, acima citados e da relevância notada diante as tecnologias vigentes dentro da indústria 4.0, as quatro com maiores destaques nos estudos analisados, serão analisadas abaixo, além de uma breve exposição da relação de sustentabilidade com o tema.

2.2.1 SmartFactory

O conceito de *SmartFactory* também conhecido como fábrica inteligente, pode ser apresentado como uma fábrica equipada com sensores e dispositivos interligados que busca coletar e controlar dados de produtos e serviços em tempo real (KANG, 2016).

Para Radziwon et. al (2014, p. 33), o conceito de *smartfactory* pode ser apresentado como:

Uma solução de fabricação que fornece flexibilidade e processos de produção adaptativos que resolverão os problemas em uma instalação de produção com dinâmica e rápida mudança condições de fronteira em um mundo de crescente complexidade (Radziwon et. al. 2014, p. 33).

Segundo Liu e Xun (2017), o modelo de fábrica inteligente corresponde a união de processos de tecnologia para contribuir com a redução de erros na produção, permitindo assim com que os custos diante as atividades mercantis, sejam eliminadas. Para os autores esse tipo de tecnologia permite com que as empresas apresentem em seus processos produtivos maior flexibilidade na realização de suas atividades, o que consequentemente permite maior otimização de atividades junto as mudanças inesperadas diante o cenário mercadológico (LIU; XUN, 2017). Ou seja, as fábricas consideradas como modelos de inteligência são preparadas para o desenvolvimento de mudanças, caso sejam necessárias alterações na estratégia ou no modelo de negócio das organizações.

2.2.2 Big Data

Para Liu e Xun (2017), *big data* desempenha papel relevante no contexto de otimização da qualidade e melhoramento das atividades produtivas dentro da indústria 4.0.

Para os autores Wang (2016), a tecnologia pertencente a indústria 4.0, como *big data* se refere a um sistema de análise de dados com características específicas em termos de volume, veracidade, velocidade, variedade e valor. Ainda de acordo com o autor esse método leva em consideração a relevância a capacidade de processamento e urgência com que os dados devem ser analisados, como por exemplo para realizar rastreamento online de produtos.

Para Sabo (2015), o sistema de *big data* surgiu como a alternativa mais completa para o processamento de dados organizacionais, que visam a captura, transferência, compartilhamento e armazenamento de dados em diferentes contextos e cenários apresentados.

Uma definição de big data também é apresentada por Manyika (2011, p. 28):

O *Big Data* refere-se a conjuntos de dados cujo tamanho é além da capacidade típica de banco de dados de ferramentas de software para capturar, armazenar, gerenciar e analisar. Essa definição é intencionalmente subjetiva e incorpora uma definição de como de como um grande conjunto de dados precisa estar para ser considerado Big Data, ou seja, não definimos o grande volume de dados em termos de ser maior do que um certo número de terabytes (milhares de gigabytes). Presumimos que, enquanto a tecnologia avança ao longo do tempo, o tamanho dos conjuntos de dados que se qualifica como grande volume de dados também aumentará. Observe também que a definição pode variar por setor, dependendo de quais os tipos de ferramentas de software são comumente disponíveis e que tamanhos de conjuntos de dados são comuns em uma indústria específica. Com essas ressalvas, o Big Data em muitos setores hoje varia de algumas dezenas de terabytes a vários petabytes (milhares de terabytes) (MANYIKA, 2011, p.28).

2.2.3 Internet of Things – IoT

A tecnologia de sistema da indústria 4.0, denominada como *internet of things*, pode ser definida como redes de eletricidade, sensores e *softwares* que conduzem a conectividade entre o ambiente físico e o ambiente digital (KANG, 2016). Essa tecnologia permite com que objetos e mecanismos sejam detectados em meio a produção e distribuição por mecanismos de rede infra, garantindo maior segurança e controle gerencial as empresas.

Segundo Kang (2016), esse sistema de incorporação é conectado por meio de mecanismos de internet sem fio, sendo descrito em quatro camadas de arquitetura, sendo elas a detecção, a rede, o serviço e a interface de conexão.

Para Liu e Xun (2017), a *internet of things* representa mais que um mecanismo de interligação entre o meio natural e o virtual, sendo destacada pelos autores a agilidade por meio de controle remoto em meio aos produtos, o que pode proporcionar maior otimização nos processos produtivos de uma organização.

Para Bagheri (2015), *internet of things* é responsável pela coleta de informações no espaço físico, conectando diversos produtos entre si, diferentemente do *Cyber Physical Systems* que faz uso de nuvens e mecanismos e sensores para ajustar algo físico a um determinado estado projetado.

2.2.4 Cyber Physical Systems – CPS

Os *Cyber Physical Systems* podem ser definidos como tecnologias de gerenciamento entre as características informatizadas e os ativos físico de produtos e serviços (WANG; WANG, 2016). Para os autores esse gerenciamento é realizado por meio de uma infraestrutura de dados, que permite maior controle e segurança diante as decisões em meio à respectivas situações.

De acordo com Liu e Xun (2017), o *Cyber Physical Systems* pode ser compreendido como uma tecnologia constituída por computação, rede e processos físicos, no que é responsável pela conectividade do ambiente físico e tecnológico.

Para Bagheri (2015), os *Cyber Physical Systems* são definidos como interligações, nos quais os sistemas naturais e humanos são conectados por sistemas de comunicação e controle. Segundo o autor essa relação entre a estrutura ciberfísica com o meio natural pode ser apresentada pelos componentes físicos, virtuais e digitais.

Schun (2014), apresentam os *Cyber Physical Systems* em cinco diferentes dimensões referentes a complexidade e a inteligência de sistema, sendo eles: formação dinâmica dos sistemas, fusão do mundo físico e virtual, sistemas de cooperação com controle descentralizado, dependência do contexto e condições de operação do sistema e colaboração do homem-máquina. Para o autor determinadas características representam as bases tecnológicas para mudanças de uma organização.

Segundo Kang (2016), os *Cyber Physical Systems* são compreendidos como entidades computacionais, os quais apresentam conexão intensiva com mundo físico e os processos de uma organização, promovendo serviços de acesso a dados e processamento de dados por meio de tecnologias como a internet. Para Kang (2016), são diversas as áreas de aplicação dos sistemas ciber físicos, sendo elas variadas entre os setores de energia, químico, automotivo e de transportes.

2.2.5 Sustentabilidade no contexto da indústria 4.0

A produção industrial se impõe sobre o meio ambiente de várias maneiras, com a finalidade de se obter o valor agregado desejado. Para Gabriel e Pessl (2016), esta relação gera uma variedade de efeitos colaterais indesejáveis como o consumo dos recursos naturais, o consumo de energia, as emissões, os resíduos, o que pode levar a danos ambientais. As tentativas para limitar esses efeitos negativos como a adesão a padrões ambientais cada vez mais elevados, o comércio de emissões, as metas de redução de CO₂ e consumo de energia são apenas alguns exemplos que influenciam cada vez mais a competitividade das indústrias.

A preocupação com a eficiência do uso dos recursos é, então, determinante para que as organizações se tornem mais competitivas. A manufatura necessita criar mecanismos para gerir os recursos de forma mais eficiente. Neste contexto, a indústria 4.0 pode oferecer suporte por meio do gerenciamento contínuo de energia e recursos (MORENO, 2014). Ao fornecer informações detalhadas sobre cada ponto do processo de produção, o uso de recursos e energia pode ser otimizado em toda a cadeia de valor. Além disso, os sistemas podem ser otimizados continuamente durante o processo de produção em termos de recursos, consumo de energia ou emissões. Isso pode contribuir substancialmente para o desenvolvimento sustentável da empresa (MORENO, 2014).

A produção do futuro é frequentemente discutida em combinação com novas tecnologias. A impressão 3D por exemplo, é considerada uma tecnologia de produção ecologicamente correta por ser particularmente adequada para a produção de peças únicas ou

pequenas séries como os protótipos e peças de reposição. Dessa maneira menos recursos são necessários, o desperdício é menor, a logística de produção e transporte é reduzida pela descentralização (GABRIEL E PESSL, 2016).

2.3 Bibliometria

O termo bibliometria teve surgimento no ano de 1917, sendo popularmente denominado como bibliografia estatística. Segundo Mugnaini (2003), a bibliometria corresponde a um filtro de informações sobre determinado tema diante diferentes estudos para a elaboração de um respectivo levantamento.

Para Guedes e Borschiver (2005), o termo bibliometria pode ser definido como o conjunto de características e procedimentos empíricos para auxiliar na elaboração de fundamentos diante a ciência da informação, no qual o método permite a elaboração de insumos para o enriquecimento de pesquisas e estudos no futuro.

De acordo com Mugnaini (2003), a relevância da bibliometria está em permitir com que um levantamento de informações seja realizado considerando tantos os atributos de pesquisa qualitativa como de pesquisa quantitativa, o que garante maior exatidão e maiores comprovações nos resultados alcançados. Para o autor esse tipo de metodologia é aplicado para diferentes temas dentro da literatura, proporcionando utilização em diferentes temas dentro da ciência.

3.0 METODOLOGIA

O estudo é classificado como descritivo, no qual visa explorar, por meio de levantamento das publicações literárias científicas, os principais temas relacionados a indústria 4.0. Segundo Gil (2008), a pesquisa descritiva visa apresentar as características de determinada população ou a elaboração de relações entre as suas variáveis de análise. Para Vergara (2000), esse tipo de pesquisa busca descrever as situações em detalhes, almejando exatidão diante as relações entre o objeto e as hipóteses de determinado estudo.

Quanto a abordagem, a pesquisa pode ser classificada como qualitativo-quantitativo, no qual faz uso de ambas as formas de análise, visando garantir maior conformidade diante os resultados apresentados.

Para Godoy (1995), o estudo pode ser apresentado como qualitativo, pois o investigador consegue promover alegações de conhecimentos, com base em significados múltiplos e sociais, diante ao objeto de estudo analisado. Já referente a abordagem

quantitativa Mattar (2001), revela que a pesquisa busca validar suas hipóteses diante a utilização de dados estatísticos e suas respectivas frequências, para melhor apresentar a relação entre as variáveis de estudo.

Com o objetivo de analisar a literatura sobre a *industry 4.0*, foi elaborada uma revisão sistematizada que propiciou caracterizar as principais publicações de pesquisa científica nesse âmbito.

A ferramenta utilizada para o filtro de publicações e refinamento dos resultados foi o *Google Scholar*. Inicialmente, foi feita uma busca contendo as seguintes palavras chaves: *sustainabilityindustry 4.0*, *sustainabilitysmartfactory*, *sustainabilitydevelopmentindustry 4.0* e *sustainabilityoperationsindustry 4.0*. Determinada pesquisa foi realizada no ano de 2018.

O primeiro critério de seleção das publicações foi a relevância na qual estavam apresentadas na ferramenta de pesquisa. Para isso, foram considerados apenas as publicações científicas nas cinco primeiras páginas do *Google Scholar*, ordenadas pelo critério relevância. A partir disso, foram encontrados 200 trabalhos, sendo 50 publicações para cada palavra chave, acima mencionadas.

O segundo critério de análise foi a eliminação dos artigos que apresentavam redundância, ou seja, eram repetidos. Por meio desse critério restaram 173 publicações em análise para análise do objetivo proposto.

Como terceiro critério de seleção foi a retirada de livros, capítulos de livros, anais de congressos, teses e dissertações, restando apenas os periódicos mais relevantes nas cinco primeiras páginas da ferramenta de busca *Google Scholar*, no qual todos foram avaliados por pares em *Double blindreview*. A partir da aplicação de tal critério, restaram 113 artigos sendo eles: 11 artigos técnicos, 21 artigos de congresso, 23 capítulos de livros, 1 trabalho de conclusão de graduação, 2 teses de doutorado e 2 *workingpapers*.

O quarto critério de seleção apresentou mais um filtro de acordo com a frequência que os artigos foram citados em pesquisas científicas, no qual foram excluídos os artigos com menos de 10 citações ou pelo menos de 5 citações em publicações contempladas nos anos de 2017 e 2018. Com esse critério foram excluídos 13 artigos, permaneceram 100 artigos.

A quinta aplicação de filtro de seleção conteve a adequação do tema em relação ao objetivo principal do artigo. Foram analisados os resumos dos 100 artigos selecionados, visando verificar as conexões das publicações com o tema *industry 4.0*, sendo utilizado quatro tecnologias apresentadas pela literatura, são elas: *smartfactory*, *big data*, *internet of things* e

cyber physycal systems. Por meio da aplicação desse critério, restaram 52 artigos, os quais foram realizados a análise de conteúdo.

A partir da aplicação desses cinco critérios de seleção das publicações relacionadas a *industry 4.0* foi iniciada a análise de conteúdo da pesquisa. Determinada fase compreendeu três etapas, sendo elas:

1) Preenchimento de uma planilha de Excel, com uma linha para cada artigo analisado, preenchida com os seguintes campos: objetivos, área de atuação dos periódicos, ano de publicação, país da pesquisa de campo, metodologia adotada no estudo, contribuições da pesquisa e sugestões de pesquisas futuras.

2) Codificação aberta para definir as vertentes de estudo, no qual conteve a aplicação dos conhecimentos do pesquisador no sentido de análise de conteúdo para preenchimento dos códigos.

3) Codificação das informações, preenchida por meio da ferramenta Excel, estruturados para apontar as relações dos códigos e quantificar os dados resultantes da análise de conteúdo.

4.0 ANÁLISE DOS DADOS

Por meio da análise de conteúdo dos artigos selecionados foram obtidas sete categorias: objetivo dos periódicos, área de atuação dos periódicos, ano de publicação, país da pesquisa de campo, método de pesquisa, contribuições das pesquisas e sugestões das pesquisas.

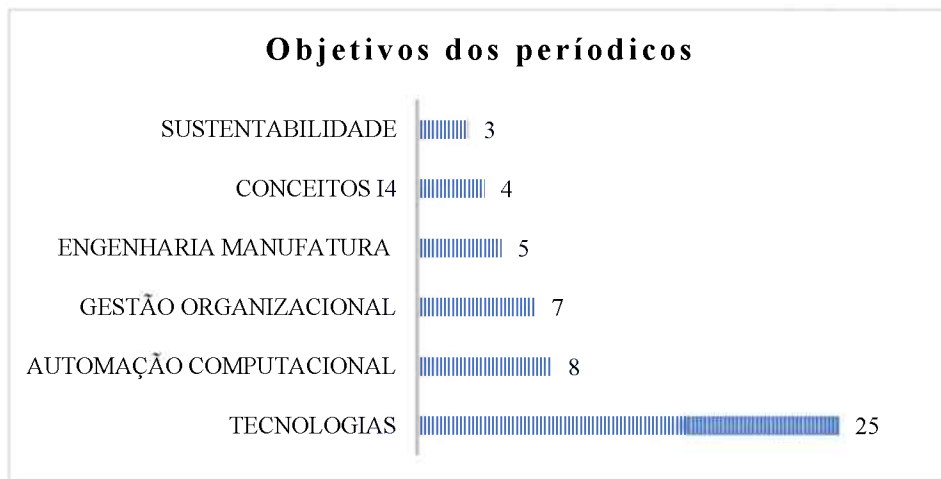
4.1 Objetivos dos periódicos

A análise dos artigos selecionados apontou que a maioria dos periódicos selecionados apresenta o objetivo de pesquisa com foco na aplicação das tecnologias, sejam elas relacionadas diretamente a indústria 4.0 ou com novos modelos que passam a contribuir com esse novo conceito de indústria. Esse tipo de objetivo foi responsável pela classificação de 25 periódicos analisados, ou seja, quase metade dos estudos selecionados.

As demais classificações apontaram a automação computacional, junto a gestão organizacional e a engenharia manufatura como os objetivos em cinco ou mais artigos. Todavia nota-se que apenas três publicações evidenciam a sustentabilidade dentro dos novos parâmetros relacionados a indústria 4.0.

Nesse sentido é válido destacar que a maior parte dos estudos selecionados apresentam foco nas aplicações das tecnologias ou conceitos da indústria 4.0 conforme apresenta o gráfico 1.

Gráfico 1 – Objetivos dos periódicos



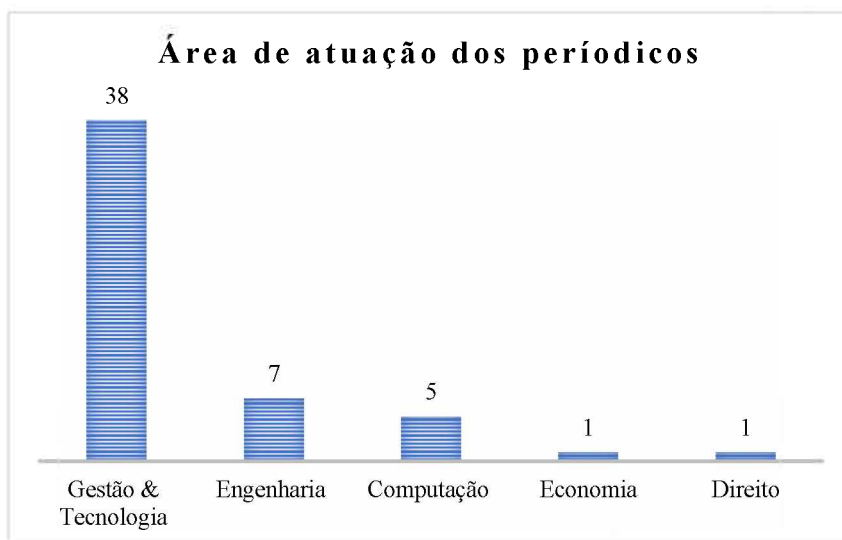
Fonte: autora

4.2 Área de atuação dos periódicos

Os artigos pesquisados foram classificados quanto à área de atuação da revista em que estão publicados conforme apresenta o gráfico 2. As publicações se concentram em periódicos de gestão e tecnologia, engenharia e aplicações computacionais. Estes periódicos de natureza mais técnica refletem o atual estágio que é de pleno desenvolvimento de tecnologias e aplicações, como foi evidenciado na literatura. Fraga, Freitas e Souza (2016), reforçam a relevância das organizações em adaptar seus processos através do desenvolvimento de aplicação de novas tecnologias e processos digitais. Stock e Seliger (2016), destacam que o crescimento da competitividade entre os sistemas produtivos das empresas faz com que a busca em desenvolver os melhores processos digitais entre elas se torne uma prática cada vez mais comum no cenário mercadológico.

Por outro lado, apenas duas publicações foram feitas em periódicos da área de ciências sociais. Uma revista norte americana da área de economia *Journal of Self-Governance and Management Economics* e uma revista espanhola de direito, *Cadernos de Derecho Actual*. Esta constatação pode trazer oportunidades a pesquisadores para abordar, por exemplo, aspectos comportamentais e gerenciais das organizações no contexto da indústria 4.0.

Gráfico 2 – Área de atuação dos periódicos

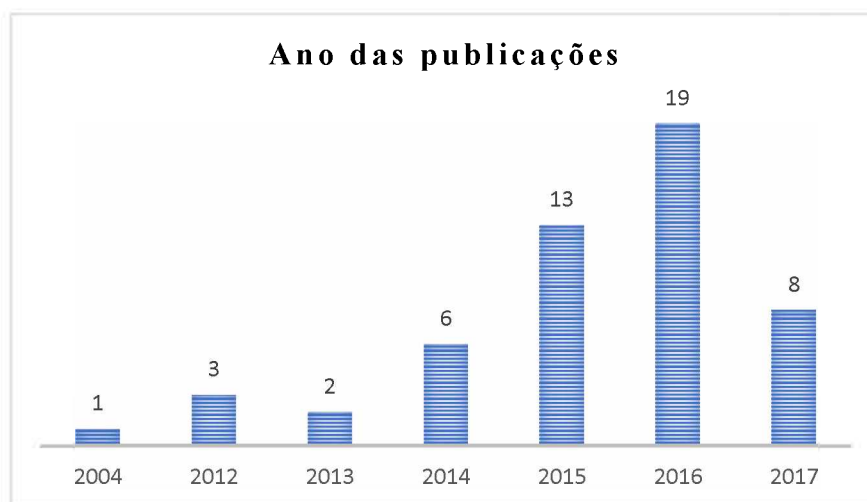


Fonte: autora

4.3 Ano das publicações

As publicações analisadas abrangem o período de 2004 a 2017, como pode ser observado no gráfico 3. Nota-se que há maior concentração de publicações entre 2015 a 2017, sendo 2016 o ano com maior número de artigos.

Gráfico 3 – Ano de publicação dos periódicos.



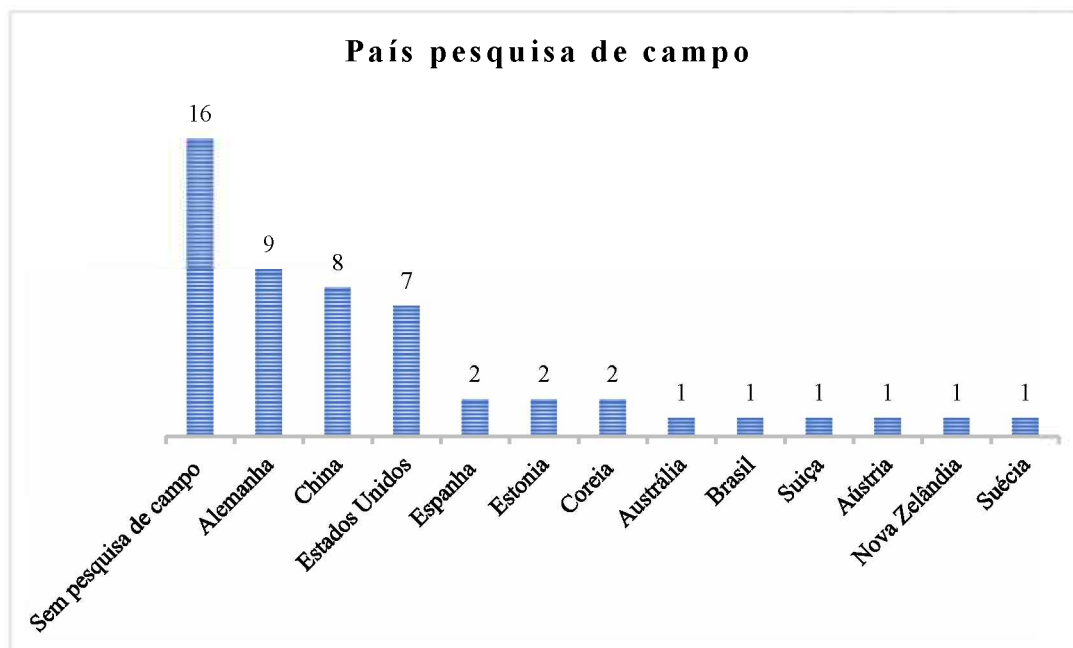
Fonte: autora

4.4 País da pesquisa de campo

O gráfico 4 mostra a distribuição dos artigos por país, no que se refere à localidade na qual foi realizada a pesquisa de campo. Pode-se observar publicações em diversos países do mundo, porém se separarmos por continentes, o Europeu é o que mais tem publicações nessa

área. Vale destacar que a Alemanha contempla mais da metade das publicações na Europa. Pode-se dizer que a Europa, a China e os Estados Unidos são os que mais tem investido em pesquisas no tema de indústria 4.0.

Gráfico 4 – País onde se realizou a pesquisa de campo

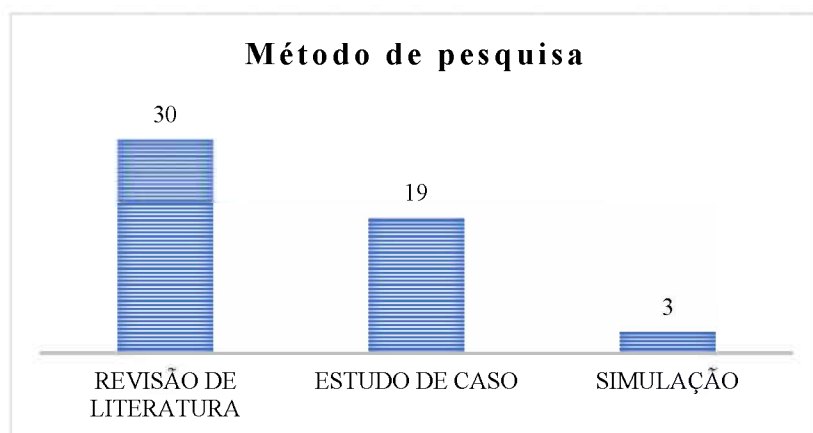


Fonte: autora

4.5 Método de pesquisa dos periódicos

No que tange ao método de pesquisa aplicada nos periódicos selecionados, conforme apresentado no gráfico 5, observa-se que a maior parte foi desenvolvida mediante a revisão de literatura, ou seja, seus resultados foram analisados de acordo com outros materiais de pesquisa publicados. Isso não revela que determinados estudos não obtiveram algum tipo de pesquisa de campo, mas aponta que a maioria das pesquisas diante a indústria 4.0 está direcionada aos materiais teóricos, sendo que apenas 19 artigos desenvolveram aplicações práticas com estudos de casos e apenas 3 representaram uma simulação de acordo com o tema pesquisado.

Gráfico 5 – Método de pesquisa



Fonte: autora

4.6 Contribuições da pesquisa

A partir da análise de conteúdo dos 52 estudos, realizou-se a categorização das contribuições de cada um dos artigos considerados no estudo, sendo feita a codificação destas relevâncias, o que permitiu agrupar os artigos com relação à sua principal contribuição na opinião dos próprios autores, sendo resumido no quadro 1.

Quadro 1 – Contribuições dos artigos relacionados a busca da indústria 4.0

Codificação dos artigos	Principais contribuições dos artigos	Ref.
Aplicação de I4 em indústrias específicas	Desenvolvimento de aplicações para indústrias específicas, construção civil, saúde, sustentabilidade diante as principais tecnologias associadas a indústria 4.0, sendo elas: <i>SmartFactoryBig Data</i> , <i>Internet ofThings</i> – <i>IoTe Cyber Physical Systems</i> – <i>CPS</i> .	25
Tendências e aplicações das tecnologias da I4	Os artigos desta categoria se preocupam em investigar as tendências em aplicações tecnológicas e soluções futuras para dos desafios da indústria. São propostas soluções em gerenciamento, aprendizagem e modelagem de sistemas para as fábricas do futuro.	9
Gestão/Empreendedorismo	Estes artigos abordam oportunidades e inovações para pequenas empresas e desenvolvedores de negócios.	5
Simulação de modelo proposto	Estes estudos em periódicos de abordagem mais técnica se preocupam com a modelagem de softwares e desenvolvimento de tecnologia de computação e aplicações para o chão de fábrica.	4
Impactos ambientais	Determinados artigos discutem os possíveis impactos ambientais da indústria 4.0 nas organizações.	2
Comparativo aplicações das tecnologias I4	Artigos comparam a aplicação de tecnologias computacionais à manufatura e abordam suas vantagens e desvantagens.	2
Aplicação de tecnologias de monitoramento e controle de processos	Artigos que viabilizam o desenvolvimento de modelos e sistemas para aplicação em ambientes de manufatura.	1
Conceitos I4	Abordagem conceitual sobre a indústria 4.0.	1
Aplicação de mecanismos sobre avaliação/desenvolvimento de competências	Artigo aborda a preocupação com o desenvolvimento de competências e habilidades das pessoas para o ambiente da indústria 4.0.	1
Cenários da I4	Artigos com abordagem mais teórica sobre a revolução industrial, os impactos econômicos, sociais, políticos, as relações de trabalho, produtividade e competitividade das indústrias.	1
Abordagens e Oportunidades da I4	Nesta categoria os estudos se preocupam em abordar oportunidades de desenvolvimentos da I4 em que o assunto ainda é remoto. Como a manufatura sustentável com a proposta do <i>retrofitting</i> das fabrica, desenvolvimento de sistemas com conceito <i>smart and safe</i> , entreoutros.	1

Fonte: autora

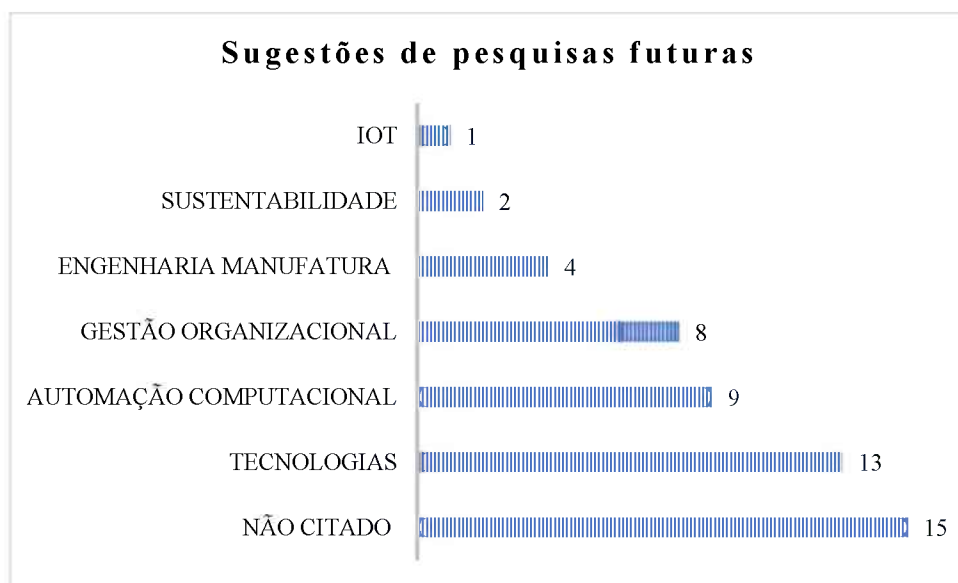
A análise das contribuições dos artigos se mostra relevante para que os pesquisadores do tema possam identificar oportunidades e lacunas na literatura sobre a indústria 4.0. O

desenvolvimento de habilidades e competências interpessoais, por exemplo, mostra-se ainda um tema com pouco número de publicações, ao passo que as publicações relacionadas ao desenvolvimento de aplicações técnicas e modelagens computacionais já se encontram mais saturadas. Com relação à sustentabilidade e aos impactos ambientais no contexto da indústria 4.0, foram feitas poucas publicações, sendo este um campo de oportunidades o desenvolvimento de estudos.

4.7 Sugestões da pesquisa:

O gráfico 6 trata da categorização das sugestões dos autores quanto ao desenvolvimento de pesquisas futuras dentro da temática da indústria 4.0. As tecnologias e a automação computacional são apontadas como os grupos mais citados para pesquisas futuras. Estas sugestões apontam para o desenvolvimento de aplicação computacionais para a solução de problemas de comunicação e integração entre as diversas modalidades de tecnologias que a indústria 4.0 contempla; o desenvolvimento de um produto-serviço que façam a simbiose necessária para ter processos mais colaborativos; o estudo da construção do “perfil” do colaborador que trabalhará no contexto da indústria 4.0.

Gráfico 6 – Sugestões de pesquisas futuras



Fonte: autora

A sugestão para que se desenvolvam estudos que analisem os aspectos de gestão organizacional foi citada em pelo menos oito artigos. Dessa forma se reforça a escassez de publicações que tratam de aspectos gerenciais dentro do contexto da indústria 4.0, identificada anteriormente nas contribuições das pesquisas, o que indica uma provável lacuna na literatura.

A temática da sustentabilidade também foi sugerida como oportunidade de desenvolvimento de estudos dentro do contexto da indústria 4.0.

5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo se propôs a identificar e analisar as principais publicações na literatura sobre a indústria 4.0. Por meio das categorias classificadas, foi possível analisar o contexto que a indústria 4.0 vem sendo apresentada na literatura, em um dos principais mecanismos de busca de periódicos, que corresponde ao *Google Scholar*.

A análise dos objetivos dos 52 periódicos classificados permitiu concluir que os focos dos principais materiais, destinados a essa área, estão voltados a aplicação de conceitos e modelos referentes às tecnologias da indústria 4.0. Conforme apontado nessa categoria, as aplicações do tema referentes às áreas de gestão, engenharia e sustentabilidade são apresentadas, mas em uma proporção menor do que a aplicação das tecnologias relacionadas a indústria 4.0. Isso pode ser associado principalmente a área de atuação dos periódicos, que em sua maioria estão associadas a tecnologias e engenharia, sendo poucos materiais encontrados na área de ciências sociais.

O método de pesquisa dos periódicos destacou que a maioria dos materiais analisados da indústria 4.0, são relacionadas às revisões de literatura em proporção superior à de estudos de casos. Isso apresentando uma relevante lacuna sobre o tema, visto o desenvolvimento das tecnologias e modelos práticos desse novo estilo da era industrial apresentar um relevante crescimento, conforme destacado pelo referencial do estudo.

Nesse sentido é válido destacar que existem mais publicações com foco na revisão da literatura sobre a indústria 4.0, do que periódicos com o desenvolvimento de estudos de casos ou simulações de aplicação de tecnologias, revelando um relevante foco de atuação a ser desenvolvido pelos pesquisadores.

Os períodos de publicações dos artigos categorizados confirmam essa expansão, na qual metade dos materiais foram classificados nos anos de 2016 e 2017, indicando que nos próximos anos as pesquisas diante a indústria 4.0 tendem a obter maior desenvolvimento.

No que tange aos países das pesquisas de campo, é possível concluir que ainda existem poucos estudos na área na região do Brasil. A maioria das aplicações se apresentam no continente Europeu, Estados Unidos e China, ou seja, países desenvolvidos que se dedicam ao aprimoramento de novos processos, como o desenvolvimento da indústria 4.0.

As contribuições apresentadas por esses periódicos confirmam a expansão desse tema na literatura vigente, sendo as aplicações da indústria 4.0 em indústrias específicas e as tendências das tecnologias desse novo modelo no cenário mercadológico, como as considerações mais citadas nos artigos. A inovação também é apresentada nessa categoria, sendo o empreendedorismo, apresentado em parte dos periódicos relacionado ao novo conceito de indústria. Todavia, nota-se a ausência de estudos relacionados ao desenvolvimento de habilidades e competências interpessoais dos gestores diante a esse novo processo, considerado como a quarta revolução industrial.

A partir dessas conclusões sobre a expansão e o desenvolvimento das tecnologias da indústria 4.0, é válido destacar que aprimoramento das aplicações computacionais, gerenciadas para solucionar problemas de comunicação e integração entre as diversas modalidades de tecnologias nesse novo modelo de indústria, representam o principal foco de pesquisas futuras.

Por meio dessas conclusões, é válido apresentar que os estudos de indústria 4.0 estão em crescimento, devendo o foco sobre tecnologias e suas aplicações dentro do cenário mercadológico um cenário a crescer com o decorrer do tempo. Os materiais relacionados a gestão e inovação, também tendem a crescer, devido as principais considerações dos autores analisados, que destacam a relevância dos gestores em estar preparados para as principais mudanças que esse novo conceito de indústria pode proporcionar nas indústrias de todo o mundo.

Como limitações do estudo pode-se citar a busca em um único canal de periódicos online, além das palavras chaves estar relacionadas diretamente as tecnologias da indústria 4.0, o que pode limitado a busca de materiais mais próximos aso conceitos de gestão. Pesquisas futuras podem explorar mais o conceito de indústria 4.0 relacionado ao gerenciamento das empresas e não tanto relacionado as tecnologias, que conforme apresentado neste estudo apresenta uma expressiva quantidade de materiais na literatura.

6.0 REFERÊNCIAS

BAGHERI, B. Cyber-physical systems architecture for self-aware machines in industry 4.0 environment. **IFAC-PapersOnLine**, v. 48, n. 3, p. 1622-1627, 2015.

BRANGER, J.; PANG, Z. From automated home to sustainable, healthy and manufacturing home: a new story enabled by the Internet-of-Things and Industry 4.0. **Journal of Management Analytics**, v. 2, n. 4, p. 314-332, 2015.

CAVALCANTI, L. L.; NOGUEIRA, M. S. Futurismo, Inovação e Logística 4.0: desafios e oportunidades. **VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**, 2017.

CNI. **Confederação Nacional da Indústria**, 2016. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br>> Acesso em: 27 de maio de 2018.

DUARTE, A. Y. S. **Gerenciamento da demanda em ti**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) apresentada na Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP/SP. 2017.

FRAGA, A. M.; FREITAS, M. M B. C.; SOUZA, G. P. L. Logística 4.0: conceitos e aplicabilidade uma pesquisa ação em uma empresa de tecnologia para o mercado automobilístico. **Caderno PAIC**, v. 17, n. 1, p. 111-117, 2016.

GABRIEL, Magdalena; PESSL, Ernst. ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara. **International Journal of Engineering**, 2016.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa**. (6. ed.). São Paulo: Atlas, 2008.

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas da EAESP/FGV**, São Paulo, v.35, n.2, p.57-63, 1995.

GUEDES, V. L. S.; BORSCHIVER, S. Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. **Anais do Encontro Nacional de Ciência da Informação**, Salvador, 2005.

HEBER, A. **Business Insider**. São Paulo, 2015.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for Industrie 4.0 Scenarios: a literature review. **Working Paper**. n.01/2015, Technische Universität Dortmund, 15p, 2015.

HOFMANN, E.; RÜSCH, M. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers in Industry**, v. 89, p. 23-34, 2017.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for implementing the strategic initiative. **Industrie 4.0: final report of the Industrie 4.0 Working Group**. 82p, 2013.

KANG, H. S. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, v.3, n. 1, p. 111-128, 2016.

- LIU, Y.; XU, X. Industry 4.0 and cloud manufacturing: A comparative analysis. **Journal of Manufacturing Science and Engineering**, v. 139, n. 3, p. 034701, 2017.
- LU, Y. Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 6, p. 1-10, 2017.
- MANYIKA, J. **Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity**. 2011.
- MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- MORENO, M. How can we tackle energy efficiency in IOT based smart buildings? **Sensors**, v. 14, n. 6, p. 9582-9614, 2014.
- MUGNAINI, R. **A bibliometria na exploração de bases de dados: a importância da Linguística**, 2003.
- OESTERREICH, T. D.; TEUTEBERG, F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. **Computers in Industry**, v. 83, p. 121-139, 2016.
- OLIVEIRA, T. F.; SIMÕES, W.L. A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia. **Simpósio de Engenharia de Produção**, 2016.
- RADZIWON, A.; BILBERG, A.; BOGERS, M.; MADSEN, E. S. **The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions**, 2014.
- SABO, F. Industry 4.0 – a comparison of the status in Europe and the USA. **AustrianMaschallPlan Foundation**, 33p., 2015.
- SANTOS, P. **Tecnologia Você está preparado para viver a revolução da indústria 4.0?** 2015.
- SANTOS, R. P. Indústria 4.0 e logística 4.0: evolução tecnológica. **6ª Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de Botucatu**. São Paulo, 2017.
- SANDERS, A.; ELANGESWARAN, C.; WULFSBERG, J. Industry 4.0 implies lean manufacturing: research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 9, n. 3, p. 811-833, 2016.
- SCHUH, G. Collaboration moves productivity to the next level. **Procedia CIRP** 17, p.3-8, 2014.
- STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. **Procedia Cirp**, v. 40, p. 536-541, 2016.
- VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3.ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000.
- WANG, L.; WANG, G. Big data in cyber-physical systems, digital manufacturing and Industry 4.0. **International Journal of Engineering and Manufacturing (IJEM)**, v. 6, n. 4, p. 1-8, 2016.
- WANG, S. Towards smart factory for industry 4.0: a self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. **Computer Networks**, v. 101, p. 158-168, 2016.