

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**GUILHERME POLICARPIO DA SILVA**

**IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 NAS ORGANIZAÇÕES:  
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2018**

**GUILHERME POLICARPIO DA SILVA**

**IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 NAS ORGANIZAÇÕES:  
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Profa. Dra. Fernanda Tavares Treinta

**PONTA GROSSA**

**2018**



Ministério da Educação  
**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO  
PARANÁ**  
**CÂMPUS PONTA GROSSA**  
Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção



## **TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC**

Identificação dos impactos da Indústria 4.0 nas organizações: uma Revisão Sistemática de Literatura

por

*Guilherme Policarpio da Silva*

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 27 de novembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

**Profa. Dra. Fernanda Tavares Treinta**  
Prof. Orientador

---

**Profa. Dra. Joseane Pontes**  
Membro titular

---

**Profa. Dra. Regina Negri Pagani**  
Membro titular

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por tudo o que me proporcionou nesta caminhada.

Agradeço a minha orientadora Profa. Dr<sup>a</sup>. Fernanda Tavares Treinta, por todo auxílio, conhecimento e disposição com que me guiou nesta trajetória.

A minha família que sempre me deu apoio, se interessou e torceu por mim, meu muito obrigado.

Agradeço os meus amigos que sempre estiveram do meu lado, me apoiando.

A instituição UTFPR que ao longo destes anos propiciou o melhor para a minha formação.

## RESUMO

SILVA, Guilherme Policarpio da. **Identificação dos impactos da Indústria 4.0 nas organizações**: uma Revisão Sistemática de Literatura. 2018. 90p. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

A Indústria 4.0, termo que representa a 4ª Revolução Industrial, é uma tendência para o setor produtivo e vem ganhando espaço nas discussões com o aumento de estudos e publicações sobre o tema. Por se tratar de um tema recente, a falta de compreensão da temática implica em uma dificuldade para entender quais são os aspectos necessários pelas organizações para implementar a Indústria 4.0, bem como os benefícios propiciados e mudanças exigidas na organização. Este trabalho trata-se de uma Revisão Sistemática de Literatura que visa identificar e analisar quais são os principais impactos da Indústria 4.0 nas organizações. Foram considerados 2 portfólios de artigos. A Análise Bibliométrica foi baseada em um portfólio de artigos mais amplo com intuito de entender a estrutura deste tema de pesquisa. Já a Análise de Conteúdo foi realizada com o auxílio do software NVivo 12 a partir de um portfólio de artigos selecionado através da aplicação da metodologia Methodi Ordinatio, com o intuito de identificar e discutir aspectos relevantes relacionados aos impactos ocasionados pela Indústria 4.0 nas organizações. Foi constatado um grande crescimento nas publicações sobre o tema, bem como a importância da Alemanha e a existência de grupos de pesquisa relevantes na China e na Itália. Foram identificadas 6 macro áreas nas quais os impactos da Indústria 4.0 se manifestam nas organizações, além das principais temáticas de pesquisa. Assim, a visão geral propiciada pela Revisão Sistemática de Literatura sobre o tema foi apresentada, afim de tornar mais evidente os impactos da Indústria 4.0 nas organizações e prepara-las para as mudanças advindas dessa nova era industrial.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0. 4ª Revolução Industrial. Impactos. Revisão Sistemática de Literatura.

## ABSTRACT

SILVA, Guilherme Policarpio da. **Identification of the impacts of Industry 4.0 on organizations:** a Systematic Literature Review. 2018. 90p. Work of Conclusion Course (Graduation in Industrial Engineering) – The Federal Technology University of Paraná. Ponta Grossa, 2018.

Industry 4.0, term that represents the 4th Industrial Revolution, is a trend for the productive sector and has been gaining space in the discussions with the increase of studies and publications about the subject. Due to being a recent issue, the lack of understanding of the subject implies a difficulty in understand what aspects are needed by organizations to implement Industry 4.0, as well as the benefits provided and changes required in the organization. This paper is a Systematic Review of Literature that aims to identify and analyze what are the main impacts of Industry 4.0 on organizations. Two article portfolios were considered. The Bibliometric Analysis was based on a broader article portfolio in order to understand the structure of the research theme. The Qualitative Analysis was performed with the help of the NVivo 12 software from a portfolio of articles selected through the application of Methodi Ordinatio methodology, in order to identify and discuss relevant aspects related to the impacts caused by Industry 4.0 on organizations. There has been a great growth in publications on the subject, as well as the importance of Germany and the existence of relevant research groups in China and Italy. Six macro areas were identified in which the impacts of Industry 4.0 are manifested in organizations, in addition to the main research themes. Thus, the overview offered by the Systematic Review of Literature on the subject was presented, in order to make more evident the impacts of Industria 4.0 on the organizations and prepare them for the changes coming from this new industrial era.

**Keywords:** Industry 4.0. The Fourth Industrial Revolution. Impacts. Systematic Literature Review.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As 4 Revoluções Industriais.....	16
Figura 2 – Os 9 Pilares tecnológicos da Indústria 4.0 .....	20
Figura 3 – Visões sobre a Internet das Coisas.....	25
Figura 4 - Estrutura da Arquitetura 5C .....	27
Figura 5 – Visão da Fábrica Inteligente.....	29
Figura 6 – Delineamento da pesquisa.....	37
Figura 7 – Etapas da Methodi Ordinatio.....	39
Figura 8 - Formação dos portfólios de artigos .....	43
Figura 9 - Interface do NVivo 12.....	45
Figura 10 - Etapas para a codificação automática no NVivo 12.....	46
Figura 11 – Número de artigos conforme o ano de publicação .....	47
Figura 12 – Áreas de conhecimento com maior representatividade.....	48
Figura 13 - Nuvem das palavras mais frequentes do portfólio de artigos.....	62
Figura 14 - Resultado da codificação automática no NVivo 12 .....	63
Figura 15 - Principais temáticas de pesquisa do portfólio de artigos.....	63
Figura 16 - Macro áreas dos impactos identificados da Indústria 4.0.....	71

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definições dos principais conceitos e termos da Indústria 4.0 .....	19
Quadro 2 – Descrição dos princípios no contexto da Indústria 4.0 .....	30
Quadro 3 - Relação entre princípios e os componentes básicos da Indústria 4.0.....	30
Quadro 4 – Instituições e Centros de Pesquisa da Alemanha sobre a Indústria 4.0.	31
Quadro 5 – Relações de empresas Alemãs com a Indústria 4.0.....	32
Quadro 6 – Classificação da Pesquisa.....	36
Quadro 7 – Etapas da Methodi Ordinatio .....	40
Quadro 8 – Parâmetros da Análise Bibliométrica.....	44
Quadro 9 – Parâmetros da Análise de Conteúdo.....	45
Quadro 10 – Palavras chave e trechos dos artigos relacionados.....	55
Quadro 11 – Apresentação dos objetivos dos artigos .....	56
Quadro 12 – Apresentação das definições da Indústria 4.0 nos artigos .....	59
Quadro 13 – Big Data na visão dos autores.....	64
Quadro 14 – Robôs Autônomos na visão dos autores .....	65
Quadro 15 – Simulação na visão dos autores.....	66
Quadro 16 – Integração na visão dos autores.....	66
Quadro 17 – Internet das Coisas na visão dos autores.....	67
Quadro 18 – Segurança da Informação na visão dos autores .....	68
Quadro 19 – Computação na Nuvem na visão dos autores .....	69
Quadro 20 – Manufatura Aditiva na visão dos autores.....	69
Quadro 21 – Impactos tecnológicos .....	72
Quadro 22 – Impactos nas relações com clientes.....	73
Quadro 23 - Impactos ambientais .....	74
Quadro 24 - Impactos econômicos.....	75
Quadro 25 – Impactos no Capital Humano .....	76
Quadro 26 – Impactos na Gestão .....	77
Quadro 27- Principais características dos impactos da Indústria 4.0 nas organizações .....	79



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pesquisa realizada na Scopus .....	41
Tabela 2 - Portfólio de artigos selecionados para a Análise de Conteúdo .....	42
Tabela 3 – <i>Journals</i> com maior número de artigos publicados .....	49
Tabela 4– Países com maior número de artigos publicados .....	51
Tabela 5 – Afiliações com o maior número de artigos publicados.....	52
Tabela 6 - Autores com o maior número de publicações .....	53
Tabela 7 – Palavras chave com maior número de artigos indexados .....	54

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 PROBLEMA .....	13
1.2 JUSTIFICATIVA .....	13
1.3 OBJETIVO GERAL .....	13
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	14
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
2.1 BREVE HISTÓRICO .....	16
2.2 CONCEITUAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 .....	17
2.3 PILARES DA INDÚSTRIA 4.0 .....	19
2.3.1 Big Data .....	20
2.3.2 Robôs Autônomos .....	21
2.3.3 Simulação .....	21
2.3.4 Integração Vertical e Horizontal .....	21
2.3.5 Internet das Coisas .....	22
2.3.6 Segurança Cibernética .....	22
2.3.7 Nuvem .....	23
2.3.8 Manufatura Aditiva .....	23
2.3.9 Realidade Aumentada .....	23
2.4 COMPONENTES BÁSICOS DA INDÚSTRIA 4.0 .....	24
2.4.1 Internet das Coisas e Internet dos Serviços .....	24
2.4.2 Sistemas Físicos Cibernéticos .....	26
2.4.3 Fábricas Inteligentes .....	28
2.5 PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0 .....	30
2.6 PRINCIPAIS EXEMPLOS E APLICAÇÕES DA INDÚSTRIA 4.0 .....	31
2.7 IMPACTOS, DESAFIOS E BENEFÍCIOS DA INDÚSTRIA 4.0 .....	32
2.8 REVISÕES SISTEMÁTICAS DE LITERATURA SOBRE A INDÚSTRIA 4.0 .....	34
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>36</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	36
3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA .....	37
3.2.1 Methodi Ordinatio .....	38
3.2.2 Formação do portfólio de artigos .....	41
3.3 ANÁLISE DE RESULTADOS .....	43
3.3.1 Análise Bibliométrica .....	43
3.3.2 Análise de Conteúdo .....	44
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>47</b>

4.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA .....	47
4.1.1 Número de publicações ao longo do tempo.....	47
4.1.2 Áreas de conhecimento mais representativas .....	48
4.1.3 Journals com maior número de publicações.....	49
4.1.4 Países com maior número de publicações .....	50
4.1.5 Afiliações com maior número de publicações.....	51
4.1.6 Autores com maior representatividade .....	53
4.1.7 Palavras chave com maior frequência.....	54
4.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO .....	55
4.2.1 Objetivo dos artigos .....	56
4.2.2 Definições de Indústria 4.0 .....	59
4.2.3 Palavras mais frequentes .....	61
4.2.4 As temáticas mais importantes .....	62
4.2.5 Os 9 Pilares da Indústria 4.0.....	64
4.2.5.1 Big Data .....	64
4.2.5.2 Robôs Autônomos.....	65
4.2.5.3 Simulação .....	65
4.2.5.4 Integração Vertical e Horizontal .....	66
4.2.5.5 Internet das Coisas .....	67
4.2.5.6 Segurança da Informação.....	68
4.2.5.7 Computação na Nuvem .....	68
4.2.5.8 Manufatura Aditiva .....	69
4.2.5.9 Realidade Aumentada.....	70
4.2.6 Impactos da Indústria 4.0 nas organizações.....	71
4.2.6.1 Impactos tecnológicos.....	71
4.2.6.2 Impactos na relação com clientes.....	73
4.2.6.3 Impactos ambientais .....	74
4.2.6.4 Impactos econômicos .....	75
4.2.6.5 Impactos no capital humano .....	76
4.2.6.6 Impactos na gestão.....	77
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>82</b>

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Berger (2014), a indústria vivenciou 3 revoluções industriais as quais trouxeram um ganho de escala e produtividade de produção à sua época. No mesmo caminho, a 4ª Revolução Industrial ou Indústria 4.0 já está acontecendo e traz mudanças e novas perspectivas para a indústria.

O termo Indústria 4.0 foi introduzido na Alemanha em 2011 e segundo Brettel et al. (2014) refere-se à mudanças que ocorrem atualmente no âmbito da indústria, especialmente na indústria de produção e de manufatura no mundo desenvolvido. A integração de novas tecnologias com o processo de manufatura na indústria é o conceito chave no qual a Indústria 4.0 se baseia.

Considerado o país pioneiro da Indústria 4.0, a Alemanha conta com uma série de instituições e pesquisa que estão trabalhando de forma conjunta de modo a fortalecer o setor industrial do país, ao contrário do Brasil onde o desconhecimento sobre o assunto é representativo entre o setor industrial (CNI, 2016).

Dada a importância da temática, necessita-se de um entendimento melhor sobre o que está sendo estudado e publicado sobre a Indústria 4.0 pois a maioria das organizações não está preparada para as mudanças advindas pela 4ª Revolução Industrial. Uma forma de emergir no assunto é através do conhecimento dos impactos e benefícios proporcionados as organizações que implementam a Indústria 4.0. Uma Revisão Sistemática de Literatura, como afirma Sampaio (2007), é um meio de pesquisa o qual permite integrar conhecimentos realizados separadamente sobre um determinado assunto e permite, no caso deste trabalho, que se tenha uma visão ampla sobre quais são esses impactos para que as empresas possam entender melhor e como devem se preparar para as transformações necessárias.

A partir deste contexto, este trabalho tem como objetivo identificar quais são os impactos da Indústria 4.0 nas organizações através de uma Revisão Sistemática de Literatura, que abrange uma Análise Bibliométrica e uma Análise de Conteúdo, onde os resultados serão apresentados e discutidos de modo que os impactos proporcionados pela Indústria 4.0 estejam evidentes.

## 1.1 PROBLEMA

Quais são os impactos da Indústria 4.0 nas organizações?

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A Indústria 4.0 é um tema recente e tem gerado um grande interesse nos setores econômicos e acadêmicos, refletido no aumento de publicações relacionados a temática (LIAO et al., 2017).

Liao et al. (2017) afirmam que a 4ª Revolução Industrial tem se tornado nos últimos anos um dos tópicos mais frequentemente discutidos em diversas conferências e fóruns relacionados à manufatura. Ainda nesta mesma linha de considerações, Drath e Horch (2014) apontam que a Indústria 4.0 é uma tendência forte na indústria, a qual servirá de ponte para a virtualização de objetos físicos e serviços na indústria.

Por ser um assunto recente, a Indústria 4.0 ainda não tem uma visão muito bem definida como afirmam Hermann, Pentek e Otto (2016), que discutem que a falta de um entendimento sistêmico sobre a Indústria 4.0 resulta em uma grande dificuldade em tratar o assunto no meio acadêmico.

A Engenharia de Produção, bem como todas as áreas relacionadas a Indústria 4.0, precisa estar inserida neste contexto e adaptar-se as novas realidades demandadas. Igualmente as organizações, que em sua maioria não estão prontas para as mudanças, impactos e desafios da Indústria 4.0.

Com o crescimento do interesse da comunidade científica, aliado as necessidades e interesses econômicos da indústria, este trabalho vem a contribuir no sentido de tornar claro os impactos que a Indústria 4.0 proporciona, de maneira mais clara e objetiva de modo a facilitar e disseminar o seu entendimento.

## 1.3 OBJETIVO GERAL

- Identificar quais são os impactos da Indústria 4.0 nas organizações.

#### 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar uma Revisão Sistemática de Literatura;
- Empregar uma Análise Bibliométrica de modo a identificar os principais autores, artigos, áreas de conhecimento, *Journals*, países, afiliações e palavras chave relacionados a temática da pesquisa;
- Aplicar uma Análise de Conteúdo de modo a identificar na literatura definições sobre a Indústria 4.0;
- Desenvolver uma conexão entre artigos e os pilares tecnológicos da Indústria 4.0.
- Identificar os temas, subtemas e termos mais relevantes da Indústria 4.0.

#### 1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho tem como escopo realizar uma Revisão Sistemática da Literatura baseada na pesquisa de artigos, de modo a identificar os impactos da Indústria 4.0 nas organizações.

A base de dados utilizada para a realização deste trabalho foi a *Scopus*. A busca foi realizada no dia 21 de Setembro de 2018, onde foram pesquisadas as palavras “*Indust\* 4.0*”, “*the fourth industrial Revolution*”, “*the 4th industrial Revolution*”, de modo a abranger todo o conteúdo relacionado a temática. Os filtros aplicados restringem os resultados para somente artigos, somente artigos publicados em *Journals*, somente artigos publicados no idioma em Inglês. Os resultados desta pesquisa foram utilizados na Análise Bibliométrica.

O método de seleção dos artigos para a realização da Análise de Conteúdo deste trabalho se baseou na aplicação da metodologia *Methodi Ordinatio*, onde foram considerados artigos relevantes somente os que apresentaram *InOrdinatio* superior a 78.

#### 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é composto pelo Referencial Teórico o qual apresenta o contexto da Indústria 4.0. Em sequência, a Metodologia descreve a estratégia de pesquisa

adotada para este trabalho. A seção Resultados contém os resultados obtidos e apresenta uma discussão dos mesmos, e por final, as conclusões obtidas com o trabalho realizado.

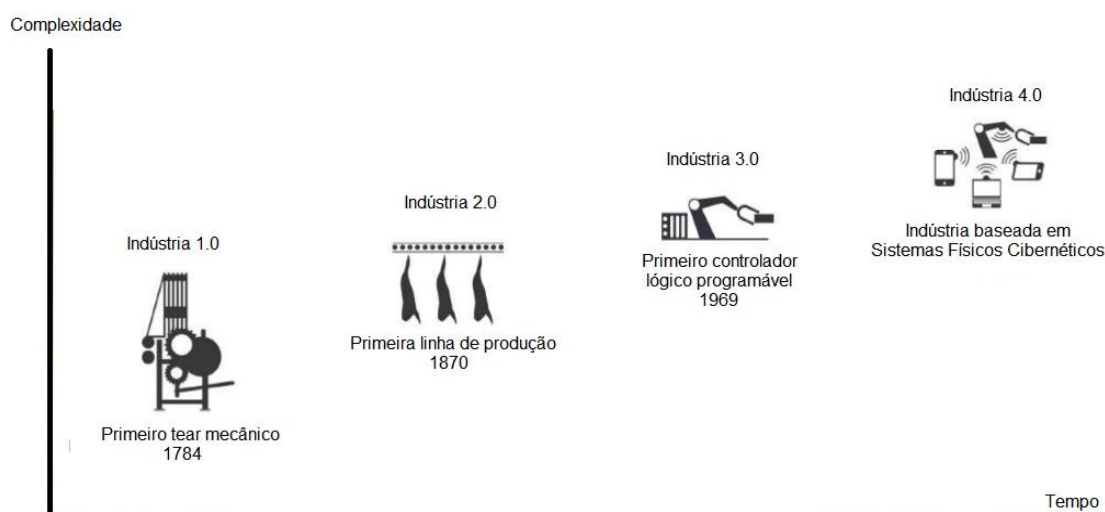
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Referencial Teórico deste trabalho trará uma visão geral sobre a Indústria 4.0 por meio de sua contextualização, através da apresentação de um breve histórico sobre o tema, a conceituação da Indústria 4.0 por meio de suas definições e principais aspectos, os pilares, os componentes básicos, os princípios e as aplicações da Indústria 4.0, bem como uma compilação de Revisões Sistemáticas de Literatura já realizadas sobre o tema.

### 2.1 BREVE HISTÓRICO

Ao longo dos anos a Indústria passou por uma série de transformações as quais mudaram significativamente os processos de produção, conforme representado na Figura 1.

**Figura 1 - As 4 Revoluções Industriais**



**Fonte: Adaptado de Kagermann, Wahnke e Helbig (2013)**

A 1ª Revolução Industrial ocorreu entre 1760 e 1840, em decorrência da construção de ferrovias e pela invenção das máquinas a vapor. Já a 2ª Revolução Industrial, iniciada no final do século XIX foi consequência da introdução da energia elétrica e da linha de montagem, possibilitando a produção em massa. A 3ª Revolução Industrial começou na década de 1960 e foi impulsionada pelo desenvolvimento dos semicondutores, da computação pessoal e da Internet. A 4ª Revolução Industrial teve início no início dos anos 2000 e é caracterizada pela maior



integração da Internet nos processos produtivos, sensores menores e mais baratos e inteligência artificial aplicada nas máquinas. (SCHWAB, 2016).

Schwab (2016) afirma que a 4ª Revolução Industrial permitirá avanços sócio econômicos com a integração da economia global, criando novas demandas para serviços e produtos. Ainda segundo o autor, a 4ª Revolução Industrial irá provocar o esforço da comunidade governamental e empresarial para aproveitar plenamente as facilidades oferecidas pelos recursos digitais.

## 2.2 CONCEITUAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0

O termo *Industry 4.0*, *Industrie 4.0* ou Indústria 4.0 foi introduzido em 2011, pelo Instituto Fraunhofer-Gesellschaft e pelo Governo Federal Alemão como um termo coletivo que define o conjunto de tecnologias para fluxo de informações, automação e manufatura. (CHUNG & KIM, 2016). A iniciativa do Governo Alemão faz parte de um programa de estratégia de alta tecnologia para introduzir a ideia de indústria totalmente integrada (HOFMANN & RÜSCH, 2017). De acordo com Shorouf, Ordieres e Miragliotta (2014) o Ministério Federal de Educação e Pesquisa Alemão define a Indústria 4.0 como o aumento na flexibilidade da cadeia de valor, em decorrência da aplicação de Sistemas Físicos Cibernéticos, em inglês *Cyber Physical Systems*, permitindo a auto adaptação de máquinas e plantas a mudanças devido a novas necessidades. Os autores afirmam que o foco está na capacidade dos sistemas na percepção de informações, com intuito de identificar descobertas, se adaptar as novas necessidades e reter conhecimento com a experiência.

Além disso, Kagermann, Wahnster e Helbig (2013) apontam que os promotores da Indústria 4.0 esperam atingir o objetivo de alcançar melhorias significativas nos processos industriais que envolvem fabricação, engenharia, gestão da cadeia de suprimentos e ciclo de vida.

Hermann, Pentek e Otto (2015) definem Indústria 4.0 como um termo coletivo para tecnologias e conceitos da cadeia de valores da organização. Ainda de acordo com os autores, dentro das Fábricas Inteligentes, em inglês *Smart Factories*, estruturadas ao molde da Indústria 4.0, os Sistemas Físicos Cibernéticos monitoram os processos físicos, criam uma cópia virtual do mundo físico e tomam decisões descentralizadas. Outro aspecto levantado por Hermann, Pentek e Otto (2015) é que

os Sistemas Físicos Cibernéticos são integrados com a Internet das Coisas, em inglês *Internet of Things*, com os humanos, e com a Internet dos Serviços, sendo que esta última oferece serviços, tanto de natureza interna quanto externa, utilizados pelos *stakeholders* da cadeia de valor.

Drath e Horch (2014) afirmam que muitas empresas, organizações e universidades focam em aspectos distintos da Indústria 4.0. Alguns requisitos esperados para a implementação da Indústria 4.0 refletem a maioria dos aspectos trabalhados por essas entidades:

- Proteção do investimento: O passo a passo para a introdução da Indústria 4.0 em empresas existentes deve ser viável;
- Estabilidade: O funcionamento da Indústria 4.0 em empresas não deve ser comprometido, seja por perturbações ou por um colapso.
- Privacidade de dados: A empresa necessita saber como proteger dados e serviços relacionados a produção.
- Segurança Cibernética: O acesso não autorizado a sistemas de produção deve ser combatido, com intuito de prevenir danos econômicos.

De modo a implementar a Indústria 4.0, Kagermann, Wahnster e Helbig (2013) sugerem três características principais a serem consideradas:

- Integração Horizontal: a organização deve, ao mesmo tempo, competir e colaborar com outras organizações relacionadas. Por meio desta cooperação, ambas corporações podem se fortalecer através da formação de um ecossistema eficiente de troca de informações, o qual poderá agregar valor aos seus modelos de negócios (Wang et al., 2015).
- Integração Vertical: uma fábrica possui vários sistemas e departamentos, como controle e gerenciamento de produção, planejamento corporativo e sistemas de sensores, sendo essencial a integração entre todos esses sistemas e departamentos para permitir um sistema de manufatura flexível e reconfigurável por meio de um sistema auto organizado que se adapta dinamicamente a diferentes tipos de produtos e processa um grande volume de informações (Wang et al., 2015).
- Engenharia de ponta a ponta: em um processo de criação de valor centrado no produto, toda a cadeia de atividades envolvida, desde o processo de coletar e identificar requisitos do cliente até o processo de reciclagem do

produto, deve estar integrada por meio de um modelo de produto contínuo e coerente (Wang et al., 2015).

Kagermann, Wahnke e Helbig (2013) afirmam que a integração da Internet das Coisas, aliada ao processo de manufatura, é a porta de entrada para a 4ª Revolução Industrial. Conforme os mesmos autores, a fusão entre o mundo físico e virtual é outro importante componente da Indústria 4.0 e como faz notar Lee (2008) é possibilitada pela integração entre os processos físicos e computacionais, os Sistemas Físicos Cibernéticos. As fábricas que aplicam esses conceitos são chamadas de Fábricas Inteligentes e formam a base da Indústria 4.0 (HOFMANN & RÜSCH, 2017).

Tendo em vista que a Indústria 4.0 abrange uma diversidade de termos e conceitos, o Quadro 1 seguir apresenta uma compilação das definições dos principais termos que serão utilizados ao longo deste trabalho.

**Quadro 1 – Definições dos principais conceitos e termos da Indústria 4.0**

<b>Conceito/Termo</b>	<b>Definição</b>
Sistemas Físicos Cibernéticos	Integração entre processos físicos e computacionais (LEE, 2008)
Internet das Coisas	A conexão entre objetos físicos e a Internet, que viabiliza o acesso remoto de dados e o controle de objetos à distância. (KOPETZ, 2011)
Fábricas Inteligentes	Fábrica a qual sua produção funciona de maneira flexível e adaptativa, cujos processos resolvem os problemas de maneira dinâmica e rápida (RADZIWON et al., 2014)
Objetos Inteligentes	Objetos com autonomia física e digital dotados de sensores, que apresentam capacidade de processamento e de rede (KORTUEM, 2010)
<i>Big Data</i>	Termo que descreve grandes volumes de dados que exigem tecnologias avançadas para viabilizar a coleta, armazenamento, distribuição, gestão e análise de informação (MILLS et al., 2012)
RFID ( <i>Radio Frequency Identification Technology</i> )	Tecnologia que permite a identificação de objetos físicos a distância (WANT, 2006)

**Fonte: Autoria Própria**

### 2.3 PILARES DA INDÚSTRIA 4.0

Rußman et al. (2015) identificam que os avanços tecnológicos implicaram em um aumento de produtividade na indústria com o passar dos anos. Ao referir-se a tal assunto, os autores apontam que a 4ª Revolução Industrial surge como uma nova onda de transformação tecnológica industrial digital e é sustentada por 9

pilares fundamentais, sendo eles: Big Data, Robôs Autônomos, Simulação, Integração Vertical e Horizontal, Internet das Coisas, Segurança Cibernética, Nuvem, Manufatura Aditiva e Realidade Aumentada. A Figura 2 a seguir ilustra estes 9 pilares.

**Figura 2 – Os 9 Pilares tecnológicos da Indústria 4.0**



**Fonte: Adaptado de Rübmann et al. (2015)**

A maior parte destes pilares já estão presentes nos sistemas de produção, no entanto, trabalham de maneira isolada e isso é algo o qual a Indústria 4.0 traz o diferencial de integrar totalmente esses avanços tecnológicos, fazendo com que a produção seja otimizada melhorando o fluxo entre fornecedores, produtores e clientes (RÜBMANN et al., 2015). Com objetivo de entender melhor o contexto de cada um, os pilares serão apresentados individualmente a seguir.

### 2.3.1 *Big Data*

De acordo com Mell et al. (2015) o termo *Big Data* é definido como um grande conjunto de dados, no qual grande parte dos dados não é estruturada e possui necessidade de análise em tempo real.

A análise de grandes volumes de dados passou a fazer parte das indústrias somente nos últimos anos e trouxe como resultados economia de recursos, ganhos de qualidade na produção e melhoras no funcionamento de equipamentos. No

contexto da Indústria 4.0, a coleta e a análise de dados de vários equipamentos distintos passou a fazer parte do processo de tomada de decisão em tempo real. (RÜßMANN et al., 2015).

### *2.3.2 Robôs Autônomos*

Rüßmann et al. (2015) argumenta que as indústrias têm usado robôs nas suas linhas de produção para desempenhar atividades complexas, porém a expectativa é de que esses robôs evoluam de uma maneira a qual se tornem cada vez mais colaborativos, flexíveis e autônomos. Ainda nesta mesma linha de considerações, os autores apontam que a tendência é que esses robôs interajam entre si e trabalhem de maneira colaborativa com humanos. Outro aspecto apontado pelos autores é que o custo tende a cair e a diversidade de ações destes robôs na indústria tende a aumentar em relação ao presente.

### *2.3.3 Simulação*

A simulação é amplamente utilizada na área de engenharia, por meio de simulações em 3D de produtos, materiais e processos de produção. Porém, no contexto da Indústria 4.0, a perspectiva é que essas simulações passem a englobar as demais áreas da indústria e utilizar dos conceitos de temporalidade para simular o mundo físico em um mundo virtual, seja máquinas, produtos ou humanos. Isso irá implicar em uma tomada de decisão mais precisa, que irá permitir testar e otimizar máquinas e processos antes da sua implantação (RÜßMANN et al., 2015).

Como aponta Monostori (2014), outro benefício da Simulação é a previsão de como mudanças podem afetar o comportamento de um processo, agregando valor e gerando economia de recursos.

### *2.3.4 Integração Vertical e Horizontal*

Segundo Wang et al. (2015) a integração horizontal acontece entre empresas, onde as mesmas devem competir e cooperar entre as mesmas. Ainda segundo os autores, integração vertical ocorre entre setores físicos e funcionais da

própria empresa. Com a Indústria 4.0, segundo Rüßmann et al. (2015), as empresas, departamentos, setores, mão de obra irão se tornar muito mais coesos, através de uma integração universal entre os meios físicos e virtuais viabilizando um fluxo de criação de valor totalmente automatizado.

### *2.3.5 Internet das Coisas*

A Internet das Coisas permitirá a descentralização da tomada de decisão, por meio da comunicação em tempo real entre Objetos Inteligentes e a Internet (RÜßMANN et al., 2015).

Como aponta Zhou, Liu e Zhou (2015) a Internet das Coisas inclui identificação por rádio frequência (RFID), sensores infravermelhos, sistemas integrados, scanners a laser entre outros dispositivos de leitura de informações e objetos que podem ser conectados à Internet para fins de troca de dados e comunicação, com intuito de realizar identificação, localização, rastreamento, monitoramento e gerenciamento de objetos inteligentes. Ainda de acordo com os autores, a integração da Internet das Coisas com a Indústria 4.0 é indispensável.

### *2.3.6 Segurança Cibernética*

De acordo com Gilchrist (2016) os sistemas industriais estão cada vez mais suscetíveis a ameaças digitais e, neste sentido, devem ser implementadas ações de segurança cibernética que reconheçam vulnerabilidades e mantenham a integridade do processo.

A necessidade de proteção cibernética de sistemas de gerenciamento e linhas de produção aumenta com a crescente conectividade e utilização de protocolos de comunicação, apesar de muitas empresas ainda confiarem em sistemas não conectados ou fechados (RÜßMANN et al., 2015). Ainda de acordo com os autores, muitos vendedores de equipamentos industriais têm formado parcerias com companhias de segurança cibernética.

### 2.3.7 Nuvem

Rüßmann et al. (2015) argumenta que a Indústria 4.0 trará as empresas uma maior necessidade no compartilhamento de dados entre sites e fora dos limites da empresa, juntamente com um aumento na performance das tecnologias que irão alcançar tempos cada vez menores, gerando a necessidade de uma integração entre máquinas e a nuvem. Os autores salientam que a nuvem irá possibilitar mais serviços baseados em dados aplicados nos sistemas de produção.

No mesmo sentido, Gilchrist (2016) revela que os grandes volumes de dados gerados em um ambiente 4.0 implica na necessidade indispensável do compartilhamento de dados, com objetivo de aproveitar todas as possibilidades dentro da cadeia de valor. O compartilhamento e o armazenamento destes dados é possibilitado pelos serviços de nuvem.

### 2.3.8 Manufatura Aditiva

Rüßmann et al. (2015) afirmam que manufatura aditiva foi adotada recentemente pelas empresas, como por exemplo a impressão 3D, o qual em sua grande maioria é utilizada para projetar ou produzir componentes individuais. Segundo os mesmos autores, a Indústria 4.0 trará um maior volume de utilização desses métodos de manufatura aditiva os quais irão produzir pequenos lotes customizados que oferecem vantagens como designs complexos e leves.

Projetos mais complexos, mais fortes e com geometrias mais leves, bem como um melhor custo benefício em relação a matéria prima são benefícios proporcionados pela manufatura aditiva conforme aponta Hagel et. al. (2015).

### 2.3.9 Realidade Aumentada

Atualmente os sistemas baseados em realidade aumentada dão auxílio a uma variedade de serviços, como por exemplo dar instruções através de dispositivos móveis instruções de reparo para peças em um depósito (RÜßMANN et al., 2015). Os autores afirmam que esses sistemas ainda são embrionários e que no futuro, as empresas irão tornar muito mais ampla o uso da realidade aumentada

fornecendo aos trabalhadores informações em tempo real para auxiliar na tomada de decisão.

## 2.4 COMPONENTES BÁSICOS DA INDÚSTRIA 4.0

De acordo com a Revisão Sistemática de Literatura realizada por Hermann, Pentek e Otto (2015) foram identificados 4 componentes principais da Indústria 4.0: Internet das Coisas, Internet dos Serviços, Sistemas Físicos Cibernéticos e Fábricas Inteligentes, os quais serão abordados de maneira mais detalhada nos próximos tópicos.

### 2.4.1 *Internet das Coisas e Internet dos Serviços*

A Internet das Coisas é uma das principais tendências que moldam o desenvolvimento de tecnologias na área de informação e comunicação (MIORANDI, 2012). De acordo com Kagermann, Wahlster e Helbig (2013) pode ser considerado um precursor da Indústria 4.0 devido a sua capacidade de incorporar todo o ambiente de manufatura em um ambiente integrado via Internet.

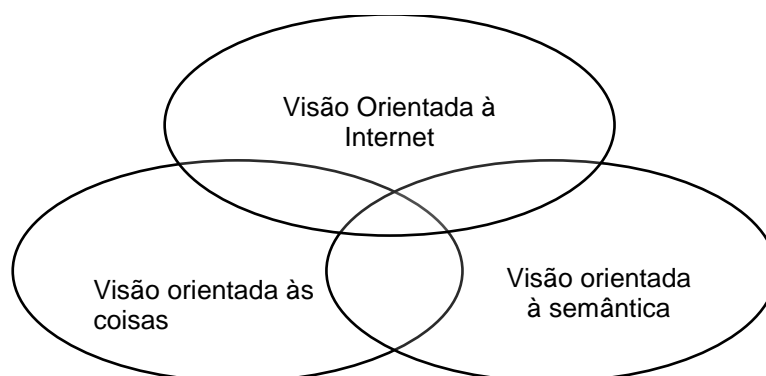
Tan e Wang (2010) destacam que a Internet das Coisas pode ser considerada como uma infraestrutura de rede global composta por vários dispositivos conectados que dependem de tecnologias de processamento de informação e comunicação. Segundo Li, Zu e Zhao (2014) a Internet das Coisas foi iniciada com o uso da tecnologia de RFID.

Almeida (2015) define a Internet das Coisas como à integração entre elementos físicos e virtuais conectados à Internet, possibilitando a coleta, troca e armazenagem de uma grande quantidade de dados por meio de “coisas”, no qual através do processamento e da análise desses dados gerem informações.

Devido a ampla definição encontrada na literatura sobre a Internet das Coisas, Atzori, Ieta e Morabito (2010) definem três visões particulares para o assunto: Visão Orientada à Internet, Visão Orientada às Coisas e Visão Orientada à Semântica, conforme pode ser visualizado na Figura 3.



**Figura 3 – Visões sobre a Internet das Coisas**



**Fonte: Adaptado de Singh, Tripathi e Jara (2014)**

Além disso, a seguir tem-se as definições de cada uma dessas visões:

- Visão orientada às coisas: se sustenta no fato de que qualquer coisa pode ser rastreada através de sensores e tecnologias utilizando RFID (SINGH, TRIPATHI & JARA, 2010).
- Visão orientada à Internet: aborda a necessidade de os Objetos Inteligentes, em inglês *Smart Objects*, estarem conectados, os quais sejam identificados de forma única e de maneira compreensível para que seus atributos e características sejam monitorados de maneira contínua através de sensores (SINGH, TRIPATHI & JARA, 2010).
- Visão orientada à Semântica: o grande volume de dados a ser processado devido à enorme quantidade de sensores, os quais coletarão esses dados, cria a necessidade de gerenciamento e tratamento destes dados brutos (SINGH, TRIPATHI & JARA, 2010).

No contexto da Indústria 4.0, segundo Kang et al. (2015) a Internet das Coisas coleta ou troca dados obtidos através de sensores inteligentes e permite a análise destes dados através do Sistema Físico Cibernético. Outro aspecto levantado por Roblek, Mesko e Krapez (2016), é que a Internet das Coisas possibilita a criação de modelos de negócios, serviços e produtos completamente novos os quais prometem avanços graças a virtualização em todas as indústrias.

Shorouf, Ordieres e Miragliotta (2014) mostram que as Fábricas Inteligentes proporcionam produtos e serviços inteligentes que estão conectados pela Internet das Coisas, os quais as irão gerar dados para análise e tomada de decisão permitindo, assim, a identificação de necessidades e comportamentos desses produtos e serviços. Isto vem ao encontro de Buxmann, Hess e Ruggaber (2009), os quais afirmam que a Internet dos Serviços, a qual consiste na integração entre o

modelo de negócios da empresa com serviços oferecidos pela Internet, proporciona uma maximização na cadeia de valor por meio da integração entre plataformas.

#### 2.4.2 *Sistemas Físicos Cibernéticos*

De acordo com Rajkumar et al. (2010), Sistemas Físicos Cibernéticos são sistemas físicos cujas operações são monitoradas, coordenadas, controladas e integradas por meio da computação e comunicação. Segundo Bahet e Gill (2011), os Sistemas Físicos Cibernéticos representam uma nova geração de sistemas que integram capacidades físicas e computacionais que podem interagir com humanos através de novos meios.

Monostori (2014) afirma que Sistemas Físicos Cibernéticos são sistemas de colaboração computacionais que estão em forte conexão com o mundo físico ao seu redor e seus processos atuais fazendo uso, simultaneamente, de dados acessados e processados por serviços disponíveis na Internet. A interação entre sistemas físicos, computadores e a internet exigem uma nova configuração das tecnologias para viabilizar esses meios de interação (SHI et al., 2011).

Segundo Lee et al. (2015) a Arquitetura 5C é uma estrutura que propõe claramente através de um fluxo sequencial de trabalho como construir um Sistema Físico Cibernético desde a coleta inicial dos dados, passando pelo processo analítico e por final na criação de valor. A Arquitetura 5C é delineada conforme a Figura 4, e os níveis são apresentados a seguir:

- **Conexão Inteligente**

A confiabilidade dos dados coletados é essencial para o desenvolvimento de um Sistema Físico Cibernético, sendo esses dados, geralmente medidos diretamente por sensores ou por um Sistema Integrado de Gestão Empresarial (Lee et al., 2015).

- **Conversão de Dados em Informação**

Atualmente existem várias ferramentas e tecnologias disponíveis para converter dados em informação, sendo o foco das pesquisas dos últimos anos o desenvolvimento de algoritmos capazes de autodiagnóstico através do autoconhecimento levado pelo Sistema Físico Cibernético para as máquinas (Lee et al., 2015).

- Ciber

As informações são empurradas para o Sistema Físico Cibernético de qualquer máquina conectada para assim formar a base de dados. Análises específicas precisam ser utilizadas para extrair informações adicionais que favorecem o poder de decisão sobre o estado das máquinas (Lee et al., 2015).

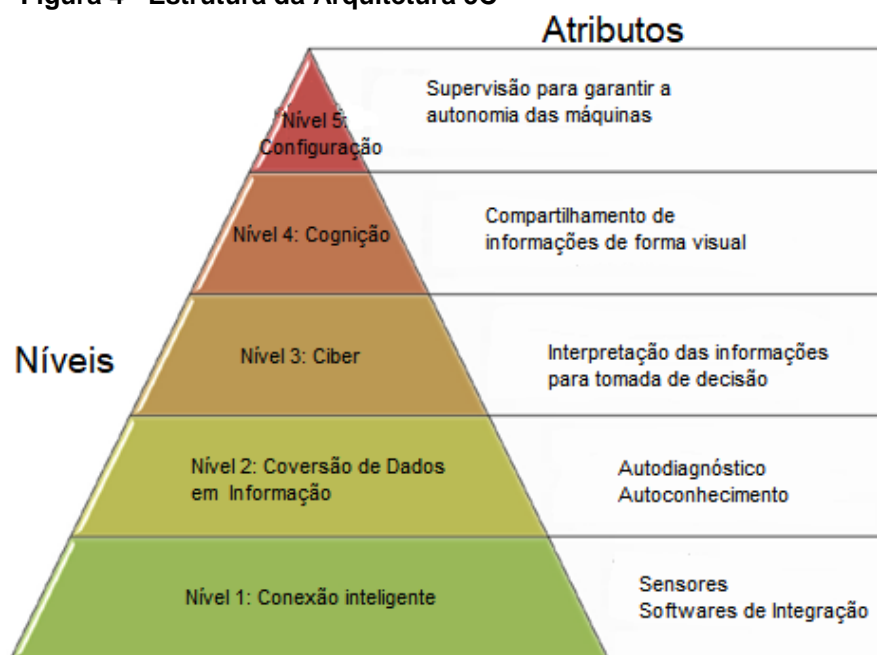
- Cognição

A apresentação adequada dos conhecimentos adquiridos a usuários experientes oferece suporte na priorização e na otimização na tomada de decisão. Neste nível são indicados gráficos de informação para compartilhar adequadamente o conhecimento adquirido para os usuários (Lee et al., 2015).

- Configuração

Onde acontece o feedback partindo do meio computacional para o meio físico, e funciona como uma supervisão com intuito de controlar e fazer com que as máquinas se autoconfigurem e auto adaptem (Lee et al., 2015).

**Figura 4 - Estrutura da Arquitetura 5C**



**Fonte: Adaptado de Lee et al. (2015)**

Krog e Huang (2008) enumeram que as aplicações de Sistemas Físicos Cibernéticos incluem sistemas e dispositivos médicos, segurança e controle de tráfego, sistemas automotivos avançados, controle de processos, conservação de energia, softwares de aviação, instrumentação, usinas de energia, robôs

distribuídos, sistemas de armas, controle e comando de sistemas distribuídos, estruturas inteligentes e sistemas de comunicação.

### 2.4.3 *Fábricas Inteligentes*

Lucke et al. (2008) definem Fábrica Inteligente como uma fábrica que percebe o ambiente e auxilia pessoas e máquinas na execução de tarefas. Wang et al. (2015) também afirmam que a Fábrica Inteligente constitui no principal elemento da Indústria 4.0, no qual os Sistemas Físicos Cibernéticos existentes comunicam-se entre si e com outros meios através da Internet das Coisas e da Internet dos Serviços, contribuindo no auxílio a pessoas e máquinas na execução de suas tarefas.

A integração entre os Sistemas Físicos Cibernéticos com a Internet das Coisas e a Internet dos Serviços, por meio do fluxo de informações, viabiliza a chamada Fábrica Inteligente, que é baseada em um sistema com produção descentralizada (HOFMANN & RÜSCH, 2017). De acordo com Kagermann, Wahnke e Helbig (2013), nas Fábricas Inteligentes os produtos encontram seu caminho de forma independente por meio de seus processos de produção e são localizados e identificados a qualquer momento de maneira facilitada, ainda mantendo o objetivo em custos baixos, porém com produção em massa altamente flexível e individualizada.

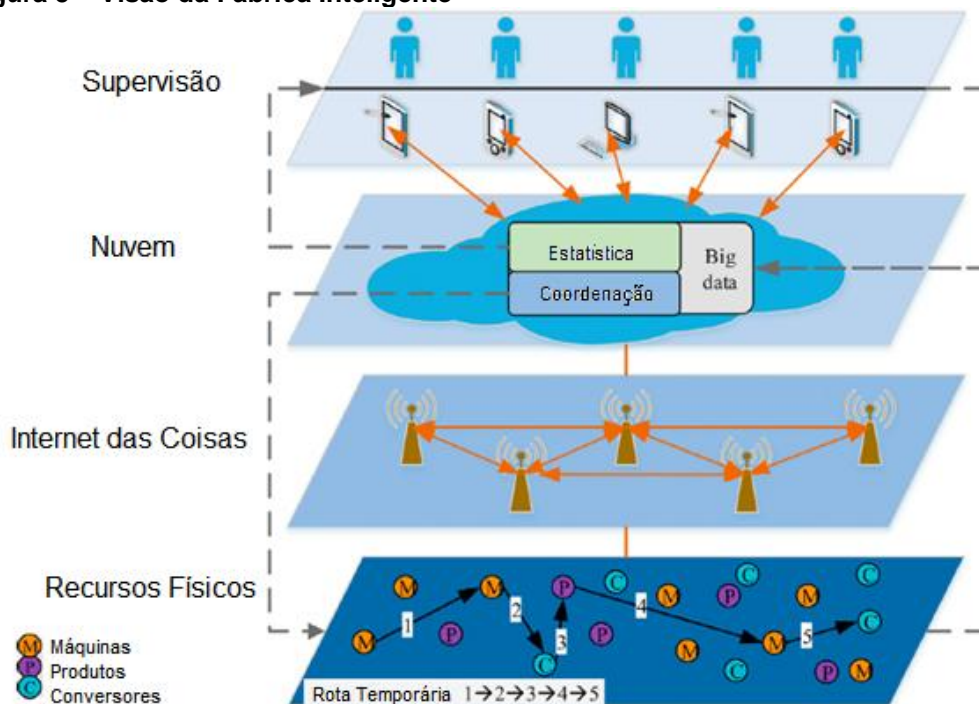
Wang et al. (2016) afirmam que a integração vertical está diretamente relacionada a implementação das Fábricas Inteligentes, o qual apresenta características de flexibilidade e reconfigurabilidade. Outro aspecto levantado pelos autores é que as Fábricas Inteligentes terão capacidade de produzir pequenos lotes de produtos customizados de forma eficiente e rentável.

De acordo com Wang et al. (2016), para implementação de uma Fábrica Inteligente é fundamental a combinação de Objetos Inteligentes com análise de *Big Data*. Nesse sentido, os autores reforçam que enquanto os Objetos Inteligentes podem se reconfigurar dinamicamente para alcançar alta flexibilidade, a análise de *Big Data* fornece *feedback* global para alcançar alta eficiência.

Wang et al. (2016) identificam que máquinas inteligentes, conversores e produtos se comunicam e interagem uns com os outros por meio da Internet das

Coisas e da Nuvem, possibilitando a autoconfiguração para flexibilizar a produção de vários tipos de produtos. Dessa forma, a Figura 5 esquematiza a visão de uma Fábrica Inteligente.

**Figura 5 – Visão da Fábrica Inteligente**



**Fonte: Adaptado de Wang et al. (2016)**

Wang et al. (2016) afirmam que a Internet das Coisas coleta grandes volumes de dados dos Objetos Inteligentes e os armazena na nuvem, possibilitando um amplo sistema de *feedback* e controle baseado na análise dos dados na nuvem com objetivo de otimizar a performance do sistema, o que constitui a estrutura de trabalho e o mecanismo operacional de uma Fábrica Inteligente.

Wang et al. (2016) apontam que as Fábricas Inteligentes contribuem na implementação de um sistema de produção com menos desperdício, alinhado com os desafios globais em relação a sustentabilidade. Outro aspecto levantado pelos autores é que, embora a implementação das Fábricas Inteligentes ainda seja um desafio técnico para as empresas, elas podem ser aplicadas concomitantemente com os avanços tecnológicos, focando nas tecnologias chave para sua implementação.

## 2.5 PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0

De acordo com Hermann, Pentek e Otto (2015), existem seis princípios os quais as empresas devem identificar uma vez que podem dar suporte na implementação de um projeto que envolve um componente da Indústria 4.0. Esses princípios estão descritos no Quadro 2:

**Quadro 2 – Descrição dos princípios no contexto da Indústria 4.0**

<b>Princípio</b>	<b>Descrição</b>
Interoperabilidade	Capacidade de comunicação entre humanos, sistemas e máquinas
Virtualização	Capacidade de monitoramento de processos físicos
Descentralização	Sistema tem capacidade de auto decisão
Trabalho em tempo real	Capacidade de coleta e análise de dados em tempo real
Orientação a Serviços	Capacidade de disponibilizar funcionalidades além das fronteiras da empresa através da Internet das Coisas
Modularidade	Capacidade de flexibilizar e adaptar mudanças seja por meios disruptivos ou evolução

**Fonte: Adaptado de Hermann, Pentek e Otto (2015)**

Esses princípios se relacionam com os componentes básicos da Indústria 4.0. Essa relação pode ser vista no Quadro 3:

**Quadro 3 - Relação entre princípios e os componentes básicos da Indústria 4.0**

	<b>Sistemas Físicos Cibernéticos</b>	<b>Internet das Coisas</b>	<b>Internet dos Serviços</b>	<b>Fábricas Inteligentes</b>
Interoperabilidade	X	X	X	X
Virtualização	X	-	-	X
Descentralização	X	-	-	X
Capacidade em Tempo Real	-	-	-	X
Orientação de Serviços	-	-	X	-
Modularidade	-	-	X	-

**Fonte: Adaptado de Hermann, Pentek e Otto (2015)**

Hermann, Pentek e Otto (2015) afirmam que estes seis princípios podem ser utilizados para implementar projetos de Indústria 4.0 nas empresas, através da identificação das necessidades requeridas pelo projeto e esperadas pela empresa. Além disso, de acordo com os autores, eles podem servir como um guia durante a fase de implementação do projeto.

## 2.6 PRINCIPAIS EXEMPLOS E APLICAÇÕES DA INDÚSTRIA 4.0

A Alemanha é considerada o país precursor da Indústria 4.0 e possui uma série de instituições e centros de pesquisa os quais estão trabalhando de forma integrada para juntos promove-la no país (MACDOUGALL, 2014). O Quadro 4 apresenta uma visão geral sobre as instituições e suas contribuições.

**Quadro 4 – Instituições e Centros de Pesquisa da Alemanha sobre a Indústria 4.0**

<b>Instituição</b>	<b>O que é</b>	<b>Contribuição para a Indústria 4.0</b>
<i>ACATECH – The National Academy of Science and Engineering</i>	Representa os interesses da comunidade científica alemã no país e no exterior	Iniciou um projeto de pesquisa na área de Sistemas Físicos Cibernéticos em 2010, a partir do qual elaborou recomendações para a implementação da Indústria 4.0
<i>DFKI – German Research for Artificial Intelligence</i>	Instituição reconhecida como o principal centro de pesquisa na Alemanha	Tem desenvolvido parcerias com as principais indústrias para desenvolver a chamada Fábrica Inteligente
<i>Fraunhofer Gesellschaft</i>	Instituição de pesquisa que se propõe a impulsionar o desenvolvimento econômico e beneficiar a sociedade	Tem trabalho em parcerias com indústrias no desenvolvimento de novas aplicações e modelos de negócios para a Indústria 4.0
<i>It's OWL - Intelligent Technical Systems OstWestfalenLippe</i>	É uma rede de tecnologia científica e industrial que tem por objetivo padronizar sistemas técnicos inteligentes	Tem trabalhado em definir o caminho para atingir a Indústria 4.0, contribuindo para o aumento da competitividade na fabricação e na produção
<i>Plattform Industrie 4.0</i>	Iniciativa conjunta entre várias organizações industriais e centraliza o contato de empresas, políticos e cientistas para assuntos relacionados a Indústria 4.0	Tem contribuído com o desenvolvimento, o conhecimento e a compreensão, bem como a distribuição dos resultados da pesquisa e suas aplicações práticas relacionadas a Indústria 4.0
<i>SmartFactoryKL</i>	Iniciativa tecnológica localizado no DFKI, pioneira nas aplicações industriais nas áreas de informação e tecnologia de última geração	Tem contribuído através da demonstração acessível e intuitiva de aspectos chave da Indústria 4.0 de maneira prática.

Fonte: Adaptado de Macdougall (2014).

Macdougall (2014) aponta que existem várias empresas na Alemanha que já estão desenvolvendo e implementado a Indústria 4.0 e suas tecnologias, em suas plantas ou como propósito de seus modelos de negócio. O Quadro 5 dá um parâmetro geral sobre essas empresas

**Quadro 5 – Relações de empresas Alemãs com a Indústria 4.0**

<b>Empresa</b>	<b>Ramo de atuação</b>	<b>Relação com a Indústria 4.0</b>
<i>Bosch Group</i>	Fornecedor global de tecnologia e serviços	Desenvolve e implanta soluções na área de otimização da rede de manufatura, constrói equipamentos inteligentes e elabora softwares de otimização na manutenção de equipamentos
<i>Festo</i>	Fornecedor de automação e tecnologia	Desenvolve engenharia de precisão aliado a tecnologias em microssistemas com intuito de integrar totalmente os sistemas em rede. Também realiza soluções em tecnologias entre máquinas e robôs
<i>SAP</i>	Fornecedor de software no mercado corporativo	Fornecer tecnologias e soluções que colaboram com as empresas na adaptação as mudanças na indústria
<i>TRUMPF</i>	Fornecedor de ferramentas para máquinas, tecnologias a laser, eletrônica e médica.	Além da contribuição no seu ramo de atuação com a tecnologia, atua em projetos de pesquisa para a implementação de Sistemas Físicos Cibernéticos, bem como o desenvolvimento de novas soluções para o aumento da produtividade e eficiência nos processos

**Fonte: Adaptado de Macdougall (2014).**

Em contraste com a realidade da Alemanha apresentada anteriormente, o nível de conhecimento da indústria brasileira a respeito de tecnologias digitais e seu papel na indústria é pouco difundido, onde apenas 42% das empresas pesquisadas em um universo de 2225 empresas não tem conhecimento do impacto das tecnologias digitais na competitividade da indústria (CNI, 2016).

## 2.7 IMPACTOS, DESAFIOS E BENEFÍCIOS DA INDÚSTRIA 4.0

De acordo com Baur e Wee (2015), existem 3 requisitos os quais as organizações devem estar alinhadas para aproveitar todo o potencial da Indústria 4.0, sendo eles:

- Maior coleta e melhor uso das informações: o melhor gerenciamento dos dados pode garantir um aumento de até 25% na produtividade da empresa;



- A alta direção alinhada com a Indústria 4.0: a alta direção deve contemplar a Indústria 4.0 na estratégia da empresa. Isso se deve ao fato de que o tradicional modelo de negócios da indústria está em transformação, implicando na criação de novos modelos de negócios adaptados as novas necessidades;
- Estar preparada para uma transformação digital: requisito essencial para aplicar a maior parte das tecnologias da Indústria 4.0, as organizações devem estruturar o seu modelo de negócios para dar suporte a essa transformação.

No mesmo sentido, Koch et al. (2014) elencam 3 pontos direcionadores para as organizações ao implementar a Indústria 4.0, baseados em uma pesquisa com 235 empresas industriais da Alemanha, sendo eles:

- Melhor gerenciamento e integração da cadeia de valor: através da otimização da cadeia de valor, as empresas esperam um aumento de 18% na produtividade, sendo que aproximadamente 85% das empresas deverão ter implementado soluções em Indústria 4.0 nos próximos 5 anos;
- Digitalização e interconexão entre produtos e serviços: as empresas esperam um incremento adicional de 2% nas receitas ao ano, através do aumento da competitividade;
- Novos modelos de negócios baseados no maior valor agregado aos clientes: são caracterizados pelo considerável aumento na cooperação entre toda a cadeia de valor, aumentando a capacidade de mapear as necessidades dos clientes;

Rüßman et al. (2015) apontam que a Indústria 4.0 irá transformar sistemas de produção e produtos por meio do design, da manufatura, da operação e serviços relacionados. Apesar disso, os autores afirmam que a conectividade e a integração entre máquinas e humanos irão implicar em um aumento de 30% na velocidade e 25% na eficiência dos sistemas de produção, além de elevar o nível e volume de customização a novos patamares. Outro ponto é que a manufatura deixará de ser baseada em células autônomas para se basear em células totalmente integradas, com recursos automatizados que se comunicam entre si aumentando a flexibilidade, velocidade, produtividade e a qualidade.

Rüßmann et al. (2015) também elencam as transformações nos sistemas e processos de produção as quais irão permitir responder as necessidades dos clientes de maneira mais rápida do que hoje em dia, sendo elas:

- Ao longo de toda a cadeia de valor, os processos de produção serão otimizados através da integração de sistemas via Internet das Coisas;
- Os protótipos físicos serão reduzidos ao mínimo devido a forte virtualização no planejamento que irá integrar todos os processos envolvidos;
- A flexibilidade nos processos de manufatura irá viabilizar a produção de pequenos lotes customizados, através da integração de robos, máquinas e produtos inteligentes;
- Os processos de manufatura serão otimizados através do auto-aprendizado e da auto-otimização das máquinas, que irão ajustar seus parametros conforme as necessidades requeridas em tempo real;
- A logística automatizada, através de robos e veículos autonomos, irá se adaptar automaticamente as necessidades de produção.

Conceituando a Indústria 4.0 como um novo estágio dos sistemas produtivos industriais, Venturelli (2016) enumera a redução de custos, economia de energia, aumento de segurança, redução de erros, fim do desperdício como alguns dos benefícios esperados.

## 2.8 REVISÕES SISTEMÁTICAS DE LITERATURA SOBRE A INDÚSTRIA 4.0

Tendo em vista a importância das pesquisas relacionadas à Indústria 4.0 e a necessidade de ter um entendimento melhor acerca das discussões desta área temática, outros autores abordaram anteriormente através de Revisões Sistemáticas de Literatura. Nesse sentido, estas publicações são contextualizadas na sequência, através da apresentação do enfoque de cada uma delas.

No artigo de Dallasega, Rauch e Linder (2018), a Revisão Sistemática de Literatura tem como foco investigar como os conceitos da Indústria 4.0 influenciam na proximidade entre entidades da cadeia de suprimentos do setor de construção civil. Os autores chegaram a conclusão que os conceitos da Indústria 4.0 tem um

efeito significativo nas dimensões tecnológicas, organizacionais, geográficas e cognitivas, e efeito nulo sobre as dimensões culturais, sociais e institucionais.

Oestereich e Teuteberg (2016) exploram o atual estado da arte e estado da prática da Indústria 4.0 através de uma Revisão Sistemática de Literatura relacionando tecnologias da indústria de construção e fornecendo as principais implicações sobre o seu uso potencial através de diferentes perspectivas.

Em seu artigo, Liao et al. (2017) apresenta uma Revisão Sistemática de Literatura com objetivo de investigar os progressos acadêmicos nas pesquisas relacionadas a Indústria 4.0. Os autores fizeram uma discussão sobre vários parâmetros relacionados a representatividade da Indústria 4.0 como objeto de pesquisa, bem como apontaram direcionamentos de pesquisa baseadas em lacunas encontradas na literatura.

O artigo de Hermann, Pentek e Otto (2015) propõe uma definição da Indústria 4.0 em geral e identifica 6 princípios essenciais através de uma Revisão Sistemática de Literatura.

Este presente trabalho vem a agregar a comunidade científica, de forma a complementar as Revisões Sistemáticas de Literatura já publicadas, tendo como enfoque analisar os principais impactos da implementação da Indústria 4.0 nas organizações.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Fonseca (2002), metodologia é o estudo da organização e das etapas a serem cumpridas para elaborar e efetuar uma pesquisa ou um estudo. Gil (2008) afirma que pesquisa é um mecanismo racional e sistemático que busca propiciar respostas aos problemas considerados.

A pesquisa pode ser classificada em relação ao método, à abordagem, a natureza, aos objetivos e aos procedimentos. Considerando a pesquisa científica realizada neste trabalho, a mesma pode ser classificada de acordo com o Quadro 6.

**Quadro 6 – Classificação da Pesquisa**

Aspecto	Classificação	Justificativa
Método	Indutivo	A partir da observação de um número de artigos científicos procede-se a generalização com base na relação verificada através da pesquisa (GIL, 2008).
Abordagem	Quali-Quantitativa	A pesquisa é baseada na observação e coleta de dados, com intuito de entender e interpretar os dados obtidos após a aplicação da metodologia, bem como a generalização de resultados (GÜNTHER, 2006).
Natureza	Aplicada	Contribui para aplicações reais por meio de sua utilização (PRODANOV & FREITAS, 2009).
Objetivos	Descritiva	Possui caráter sistemático, com objetivo de descrever fenômenos e estabelecer relações entre fatos sem interferir neles (PRODANOV & FREITAS, 2009).
Procedimentos	Bibliográfica	É desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente por livros e artigos científicos, com objetivo de aproximar o pesquisador com o material já desenvolvido sobre a pesquisa (PRODANOV & FREITAS, 2009).

**Fonte: Autoria própria**

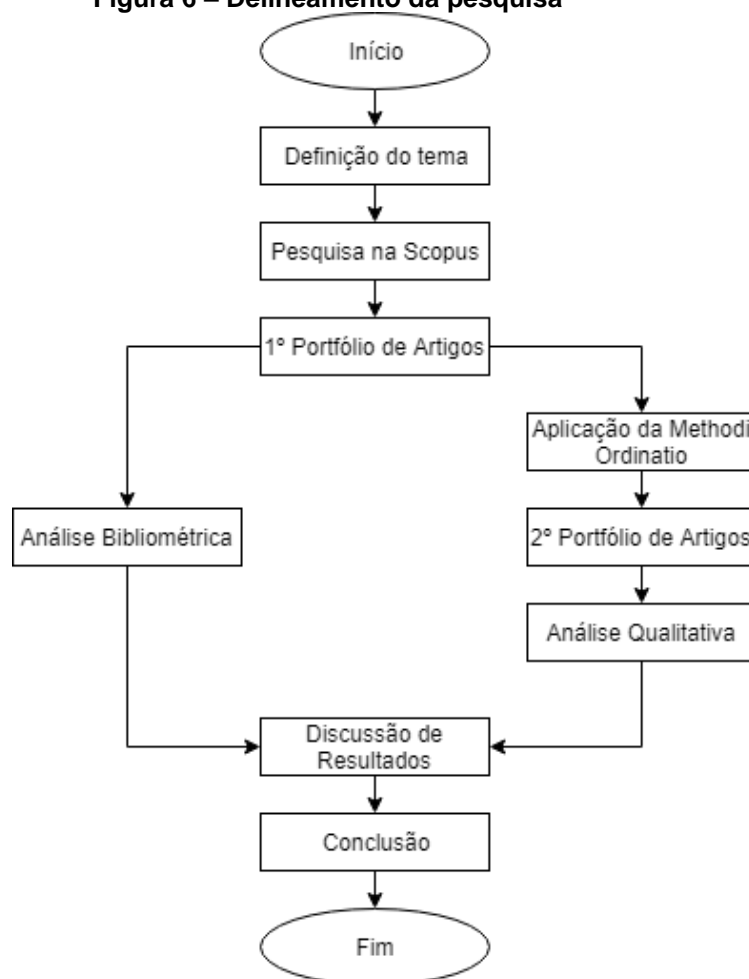
Segundo Prodanov e Freitas (2009), pesquisar remete a planejamento, e por isso deve considerar todos os procedimentos necessários para atingir o resultado esperado sobre o problema que deu origem a pesquisa.

### 3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Uma Revisão Sistemática de Literatura é apresentada como a adoção de um método científico e transparente que visa fornecer uma visão sistêmica sobre um determinado assunto através de pesquisas bibliográficas de publicações (COOK, MULROW & HAYNES, 1997). Segundo Tranfield, Denyer e Smart (2003) a revisão sistemática identifica as principais contribuições em um campo, ao invés de se basear apenas em estudos isolados.

Em relação a efetividade da pesquisa, a intervenção do autor é fundamental, desde a identificação das palavras chave, realização das filtragens e principalmente na avaliação da afinidade dos artigos com o tema proposto, conforme aponta Treinta (2011). A estratégia adotada para a elaboração do trabalho está delineada na Figura 6.

**Figura 6 – Delineamento da pesquisa**



Fonte: Autoria própria

O tema definido para a Revisão Sistemática de Literatura deste trabalho é identificar os impactos da Indústria 4.0 nas organizações. Foram considerados 2 portfólios de artigos. O 1º portfólio de artigos resultante da pesquisa inicial na Scopus, foi utilizado na Análise Bibliométrica. O 2º portfólio de artigos foi obtido após a aplicação da *Methodi Ordinatio*. Por fim, será feita uma análise e discussão dos resultados a partir dos principais impactos identificados no portfólio de artigos, bem como a conclusão do trabalho.

### 3.2.1 *Methodi Ordinatio*

A *Methodi Ordinatio* é uma metodologia multicritério de tomada de decisão (Multi-Criteria Decision Aid – MCDA) na seleção de artigos científicos para composição de um portfólio bibliográfico (PAGANI, KOVALESKI E RESENDE, 2015). A metodologia é baseada na utilização de três fatores:

- Número de citações: que reflete o reconhecimento por parte da comunidade científica em relação a relevância da pesquisa;
- Fator de Impacto: que indica o quão importante é o *Journal* onde o artigo foi publicado, sendo um *Journal* mais relevante quando mais elevado for o Fator de Impacto;
- Ano de publicação: que revela o quão atual é o artigo, sendo pesquisas mais atuais mais propensas a apresentar maior inovação ou novidade em termos de avanço de pesquisa.

Estes fatores devem ser localizados pelo autor da pesquisa, durante a construção da base artigos. Após identificar esses fatores, será feita a ordenação dos artigos através do *InOrdinatio*. O cálculo do *InOrdinatio* é feito através da seguinte equação:

$$InOrdinatio = \left( \frac{\text{Fator de Impacto}}{1000} \right) + \alpha * [10 - (\text{Ano da Pesquisa} - \text{Ano da Publicação})] + \sum \text{Número de citações}$$

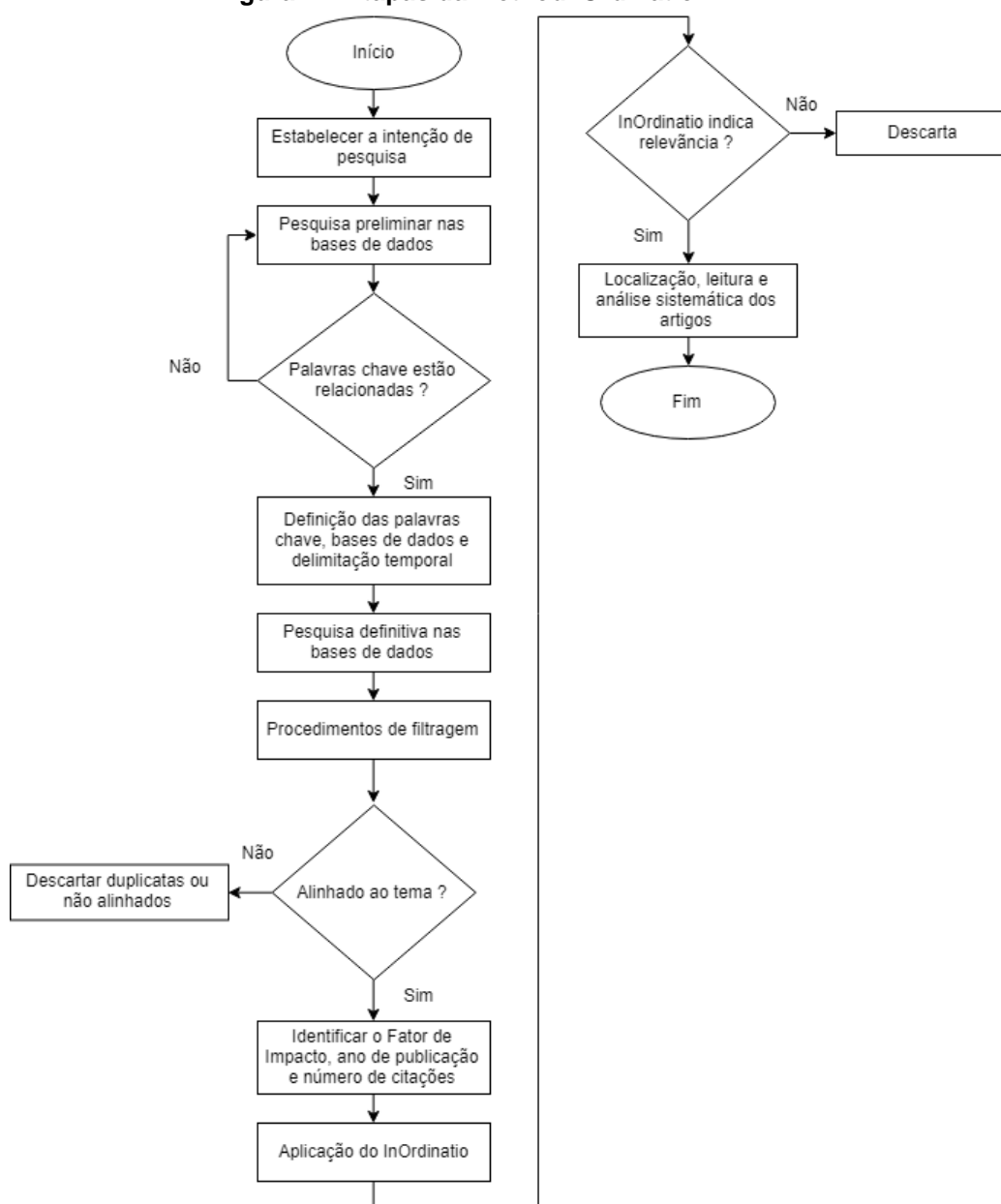
- O Fator de Impacto é dividido por 1000 com objetivo de normalizar seu valor perante os outros critérios;
- O valor do fator de ponderação  $\alpha$  é atribuído pelos pesquisadores, de acordo com a particularidade da sua pesquisa, e pode variar de 1 a 10 sendo quando mais próximo de 1, menor a importância atribuída pelo pesquisador para o

critério relacionado ao ano de publicação e quanto mais próximo de 10 maior a importância;

- O número de citações é obtido através do número absoluto de citações encontrado durante a construção do portfólio;

Os artigos considerados relevantes foram os que apresentaram um InOrdinario superior a 78. O cálculo do InOrdinatio é realizado quando a base de artigos já está definida, após a aplicação dos filtros. A Methodi Ordinatio é delineada conforme a Figura 7.

**Figura 7 – Etapas da Methodi Ordinatio**



Fonte: Adaptado de Pagani, Resende e Kovaleski (2015)

As etapas da *Methodi Ordinatio*, bem como a sua descrição, estão apresentadas no Quadro 7.

**Quadro 7 – Etapas da *Methodi Ordinatio***

Ordem	Etapa	Descrição da etapa
1	Estabelecer a intenção de pesquisa	No caso deste trabalho, os impactos da Indústria 4.0 nas organizações
2	Pesquisa preliminar nas bases de dado	Foram testadas palavras chave relacionadas ao tema nas bases de dados pré-determinadas pelo autor da pesquisa. Nesta pesquisa preliminar foram testadas as bases de dados Scopus, Web of Science e Science Direct.
3	Definição das palavras chave, base de dados e delimitação temporal	As palavras chaves e as bases de dados foram definidas com base no critério de oferecer uma boa quantidade e boa disponibilidade de acesso aos artigos publicados. Os resultados encontrados serão avaliados e as palavras chave que não resultarem em artigos relacionados ao tema, bem como as bases de dados que não oferecem resultados relevantes, serão descartadas. Devido a temática escolhida, Indústria 4.0, ser relativamente recente, não será aplicada uma delimitação temporal.
4	Pesquisa definitiva nas bases de dados	Será feita a busca definitiva usando as palavras chave e as bases de dados selecionadas. No caso deste trabalho, a base de dados escolhida foi a Scopus.
5	Procedimentos de filtragem	Os artigos resultantes da pesquisa definitiva foram filtrados e descartados, se houver trabalhos em duplicata, título, resumo ou palavras chave não alinhadas com a Indústria 4.0.
6	Identificação do Fator de Impacto, ano de publicação e número de citações	A identificação dessas métricas é determinada por meio do Fator de Impacto do <i>Journal</i> onde o artigo foi publicado, do ano de publicação do artigo no <i>Journal</i> e o somatório do número de citações encontradas referentes ao artigo. Esses 3 resultados serão plotados em uma planilha do Excel, distribuídos em colunas na seguinte ordem: Título do artigo, Fator de Impacto, Número de Citações e Ano.
7	Aplicação do InOrdinatio	No Excel foi aplicada a equação do InOrdinatio, o qual dará um resultado individualizado para cada artigo. Esses artigos serão ordenados em ordem decrescente, sendo descartados os artigos que não apresentarem relevância
8	Localização, leitura e análise sistemática dos artigos	Os artigos foram localizados e foi realizada uma leitura sistemática dos artigos.

**Fonte: Adaptado de Pagani, Resende e Kovalski (2015)**

A *Methodi Ordinatio* definiu o portfólio de artigos para avaliação de acordo com as restrições e critérios estabelecidos na pesquisa. A métrica escolhida para medir o Fator de Impacto do *Journal* é o *Citescore*, da *Elsevier*.

De acordo com Zijlstra e McCullough (2016), o *Citescore* é uma métrica que fornece insights atuais, abrangentes e transparentes sobre o impacto dos *Journals*.



O cálculo do *Citescore* é dado sobre a razão entre o número total de citações do último ano do *Journal*, pela soma do número de citações do *Journal* dos três anos antecedentes.

### 3.2.2 Formação do portfólio de artigos

A base de dados escolhida para a realização da pesquisa foi a *Scopus*, devido ao ser caráter multidisciplinar, a sua relevância e a disponibilidade de dados sobre as publicações. A pesquisa realizada na *Scopus* no dia 21 de setembro de 2018 consta na Tabela 1, e apresenta as palavras chave pesquisadas, os filtros aplicados e o número de artigos resultantes.

**Tabela 1 – Pesquisa realizada na Scopus**

Palavra Chave	Scopus	
	Pesquisa	Número de artigos
Indust* 4.0, the fourth industrial revolution, the 4th industrial revolution	TITLE-ABS-KEY ("industr* 4.0" OR "the fourth industrial revolution" OR "the 4th industrial revolution" ) AND ( LIMIT-TO ( SRCTYPE , "j " ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English " ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) )	962

Fonte: Autoria própria

A pesquisa retornou 962 artigos. Os filtros se resumem na busca das palavras chave “*Indust\* 4.0*”, “*the fourth industrial Revolution*”, “*the 4th industrial Revolution*” usando a lógica *OR* no título, no resumo ou nas palavras chave definidas pelo autor; a origem da publicação (somente *Journals*); o tipo de documento (somente artigos) e idioma (somente em inglês).

Um tratamento nos dados foi aplicado no portfólio de artigos resultante, onde foram eliminados 4 artigos os quais não continham o nome do autor e 49 artigos que não faziam parte do escopo da pesquisa. Essa foi a base de dados utilizada na Análise Bibliométrica.

A partir do portfólio de artigos foi aplicado a *Methodi Ordinatio*, onde foi estabelecido que os artigos com *InOrdinatio* superior a 78 eram artigos de impacto para o tema. Foram selecionados 20 artigos, os quais foram submetidos a Análise de Conteúdo. A Tabela 2 mostra os artigos e o respectivo *InOrdinatio*.

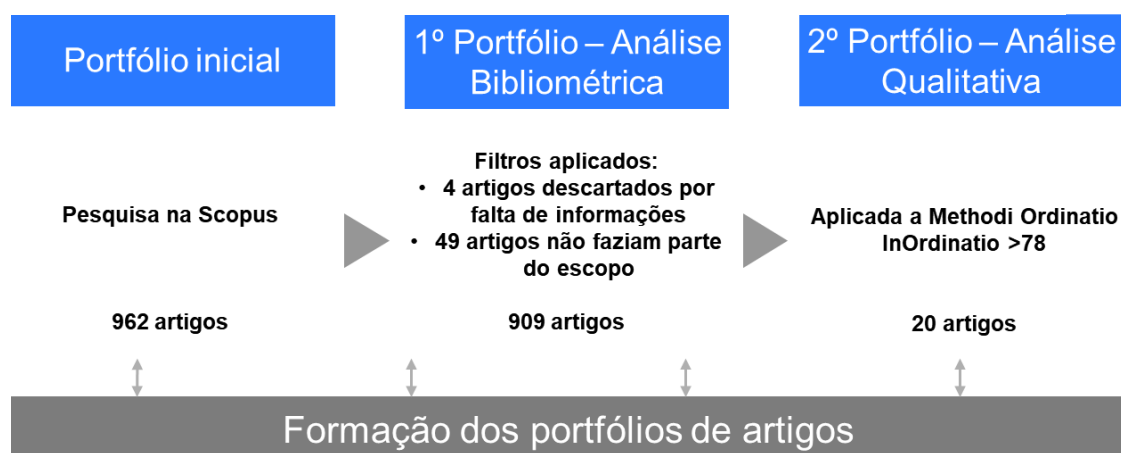
**Tabela 2 - Portfólio de artigos selecionados para a Análise de Conteúdo**

<b>Ano</b>	<b>Artigo</b>	<b>InOrdinatio</b>
2016	Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions	322,00431
2016	A Complex View of Industry 4.0	183,00059
2017	Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics	177,00368
2017	Industry 4.0 and cloud manufacturing: A comparative analysis	132,00285
2016	Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing	122,00005
2017	Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review	117,00206
2015	Industrial Revolution - Industry 4.0: Are German Manufacturing SMEs the First Victims of this Revolution?	110,00005
2015	Sustainable business models and structures for industry 4.0	105,00208
2015	Transforming to a Hyper-connected Society and Economy – Towards an “Industry 4.0”	99,00007
2018	The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0	91,0029
2018	Industry 4.0: A Korea perspective	85,00342
2017	Industry 4.0 concept: Background and overview	85,00047
2018	When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors	84,00342
2018	What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability	83,00237
2017	Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0	82,00097
2018	The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0	81,0029
2017	Transition towards an Industry 4.0 State of the LeanLab at Graz University of Technology	80,00007
2017	Fourth Industrial Revolution: technological drivers, impacts and coping methods	79,00154
2017	Aspects of Risk Management Implementation for Industry 4.0	79,00007
2017	Sustainability aspects of a digitalized industry – A comparative study from China and Germany	78,00431

**Fonte: Autoria própria**

A Figura 8 ilustra os filtros realizados para a formação dos portfólios de artigos.

**Figura 8 - Formação dos portfólios de artigos**



**Fonte: Autoria própria**

A partir dos 2 portfólios de artigos formados foram aplicadas as Análises Bibliométrica e de Conteúdo e foram gerados os resultados para o presente trabalho.

### 3.3 ANÁLISE DE RESULTADOS

Após a definição do portfólio de artigos, segue-se para a etapa de análise e discussão de resultados. Esta etapa consiste na aplicação da Análise Bibliométrica e da Análise de Conteúdo.

#### 3.3.1 *Análise Bibliométrica*

De acordo com De Lima (1986) e Piñero (1972), a Análise Bibliométrica proporciona um maior entendimento da estrutura e do volume de um determinado assunto, por meio do tratamento quantitativo dos dados com objetivo de analisar a extensão, o crescimento e a distribuição da bibliografia. Seguindo esses conceitos teóricos, a Análise Bibliométrica desta pesquisa tem como objetivo representar de forma sistêmica os parâmetros sobre a base de artigos definida para a pesquisa, conforme constam no Quadro 8.

**Quadro 8 – Parâmetros da Análise Bibliométrica**

<b>Parâmetro</b>	<b>Definição</b>
Ano	Quantificar o número de artigos conforme o seu ano de publicação.
Área de conhecimento	Definir quais são as áreas de conhecimento mais importantes
País	Quantificar o número de artigos conforme o país de origem da afiliação
<i>Journals</i>	Definir quais são os <i>Journals</i> com maior representatividade no número de artigos.
Autores	Definir quais são os autores com o maior número de artigos publicados.
Afiliações	Definir quais são as afiliações com maior representatividade no número de artigos.
Palavras Chave	Definir quais são as palavras chave mais representativas na base de artigos.

**Fonte: A autoria própria**

Após a definição destes parâmetros foi realizada uma discussão dos resultados encontrados de forma a entender as principais publicações acadêmicas sobre a Indústria 4.0, assim como as principais temáticas que estão sendo pesquisadas.

### 3.3.2 Análise de Conteúdo

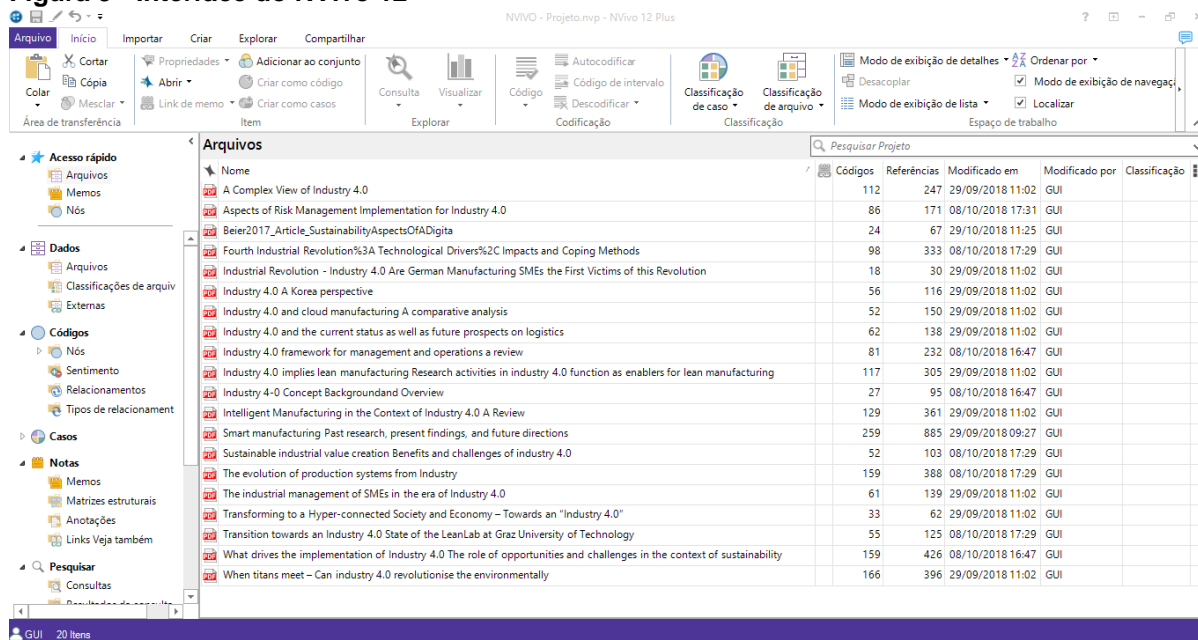
Como afirma André (1983), a Análise Qualitativa se caracteriza por identificar o caráter multidimensional dos fenômenos, afim de proporcionar um entendimento facilitado do seu contexto. Chizzotti (2006) afirma que o objetivo da Análise Qualitativa é entender de maneira crítica um assunto e de acordo com Mozzato e Grzybovski (2011) *softwares* estão sendo utilizados para auxílio na análise de dados.

Segundo Camara (2013), uma das técnicas aplicadas na Análise Qualitativa é a Análise de Conteúdo. Na visão de Bardin (2011), a Análise de Conteúdo reflete técnicas de análise de comunicações com intuito de descrever o conteúdo das mensagens por meio de procedimentos sistemáticos.

Neste presente trabalho, a Análise de Conteúdo foi realizada com o auxílio do NVivo 12, *software* de auxílio a análises de conteúdo o qual proporciona o registro e a organização de informações e de acordo com Mozzato e Grzybovski

(2011) agrega valor por meio de sua praticidade e agilidade nas análises. A Figura 9 mostra uma visão geral da interface do NVivo 12.

**Figura 9 - Interface do NVivo 12**



**Fonte: Autoria própria e NVIVO 12**

Os dados gerados pelo NVivo 12 foram utilizados para realizar a devida interpretação da base de artigos sobre a Indústria 4.0 em um contexto mais amplo. Neste trabalho, a Análise de Conteúdo foi conduzida de acordo com os parâmetros apresentados no Quadro 9 a seguir.

**Quadro 9 – Parâmetros da Análise de Conteúdo**

Parâmetro	Descrição
Objetivo do artigo	Dar uma visão geral dos objetivos dos artigos da base de artigos.
Definições sobre a Indústria 4.0	Dar um entendimento sistêmico das definições encontradas na base de artigos.
Pilares da Indústria 4.0	Analisar os pilares da Indústria 4.0 através da visão de autores.
Palavras mais frequentes	Identificar as palavras mais frequentes do portfólio de artigos.
Principais temáticas	Identificar as principais temáticas de pesquisa da Indústria 4.0
Impactos da Indústria 4.0 nas organizações	Identificar e discutir os impactos da Indústria 4.0 nas organizações.

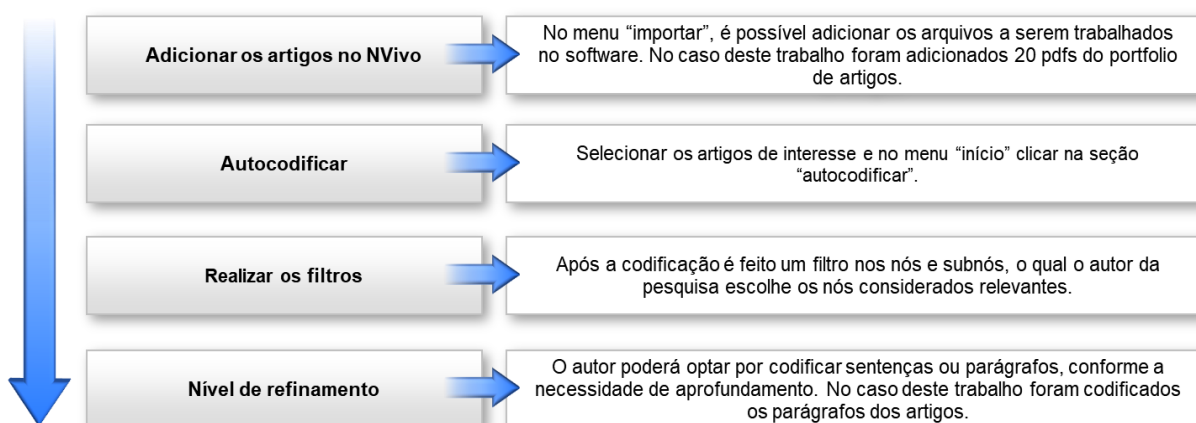
**Fonte: A autoria própria**

O NVivo 12 possui um recurso chamado codificação automática, o qual o software identifica temas que são considerados mais relevantes dentro do escopo de artigos. A codificação automática foi aplicada neste trabalho para identificar as principais temáticas da Indústria 4.0, bem como seus subtemas.

O Software identifica cada tema através de um Nó, onde são codificados os trechos dos artigos relacionados ao tema. Cada nó apresenta subnós, onde são alocados os subtemas.

A Figura 10 ilustra quais são os passos a serem seguidos para utilizar esse recurso.

**Figura 10 - Etapas para a codificação automática no NVivo 12**



**Fonte: A autoria própria**

A partir da leitura sistemática dos artigos selecionados para a Análise de Conteúdo, juntamente com recursos do NVivo, os impactos da Indústria 4.0 foram contabilizados e identificados. Esses impactos foram apresentados através de uma correlação com os artigos avaliados no portfólio.

## 4 RESULTADOS

Os resultados serão apresentados conforme os parâmetros de pesquisa definidos para as Análises Bibliométrica e de Conteúdo nas próximas seções.

### 4.1 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A Análise Bibliométrica foi realizada sobre os 909 artigos, com intuito de trazer uma visão da Indústria 4.0 de maneira mais ampla. Os parâmetros estabelecidos no Quadro 8: Número de publicações ao longo do tempo; Áreas de conhecimento mais representativas, *Journals* com maior número de publicações, Países com maior número de publicações; Afiliações com maior número de publicações; Autores com maior representatividade e Palavras chave com maior frequência serão apresentados nas seções a seguir.

#### 4.1.1 Número de publicações ao longo do tempo

A Figura 11 apresenta a distribuição dos artigos conforme o ano de publicação. Observa-se um crescimento exponencial de publicações sobre o assunto, o que indica a importância do assunto na atualidade para a comunidade científica. O ano de 2018, até o mês de setembro registra 356 artigos publicados, superando os 337 artigos publicados em todo ano de 2017.

**Figura 11 – Número de artigos conforme o ano de publicação**



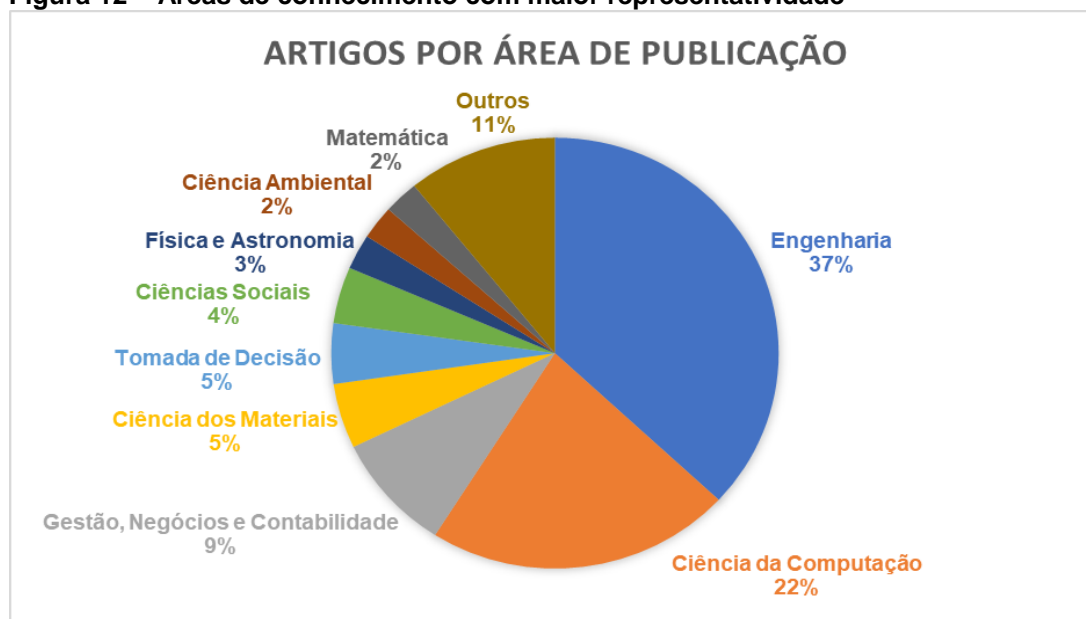
Fonte: Dados de pesquisa

Temos que o primeiro registro de um artigo sobre a Indústria 4.0 no ano de 2013, 2 anos após o primeiro registro de menção do termo Indústria 4.0.

#### 4.1.2 Áreas de conhecimento mais representativas

Em relação a área de conhecimento, como mostra a Figura 12, nota-se que há uma predominância das áreas de “Engenharia”, “Ciência da Computação” e “Gestão, Negócios e Contabilidade”. Por se tratar de um assunto novo e em desenvolvimento, a Indústria 4.0 traz novos conceitos e necessidades, como a implementação de fábricas inteligentes e novos tipos de processos, relacionados a Engenharia. Também traz heurísticas e metodologias para a implementação de tecnologias, relacionadas a Ciência da Computação e novos Modelos de Negócios que envolvem a área de Gestão, Negócios e Contabilidade.

**Figura 12 – Áreas de conhecimento com maior representatividade**



**Fonte: Dados de pesquisa**

As palavras chave mais frequentes nos artigos da área de Engenharia são *Industry 4.0*, *Manufacture*, *Embedded Systems*. Na área de Ciência da Computação destacam-se *Industry 4.0*, *Manufacture*, *Internet of Things*. Por fim, na área de



Gestão, Negócios e Contabilidade são *Industry 4.0*, *Internet of Things* e *Manufacture*.

#### 4.1.3 Journals com maior número de publicações

A Tabela 3 ilustra os *Journals* com maior representatividade no número de publicações. Se destacam no número de artigos: *Procedia Manufacturing*, *IFAC Papers online* e *ZWF Zeitschrift Fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*. Os países em destaque nesta relação de *Journals* são Holanda, Áustria e Alemanha, sendo que os 2 primeiros não possuem tradição na temática. Já a Alemanha é reconhecidamente uma referência em Indústria 4.0.

**Tabela 3 – Journals com maior número de artigos publicados**

(Continua)

<i>Journal</i>	País	Sobre o <i>Journal</i>	Citiscore	Número de artigos
Procedia Manufacturing	Holanda	Journal com foco em artigos da área de engenharia e manufatura, como processos, sistemas e novas tendências de fabricação	0,70	91
IFAC Papers online	Áustria	Reúne todos os artigos dos eventos IFAC (International Federation of Automatic Control), em parceria com a Elsevier	0,68	72
ZWF Zeitschrift Fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb	Alemanha	Contem artigos que abordam novidades na engenharia de produção bem como nos processos e serviços industriais, com ênfase na eficiência de processos e redução de custos	0,25	31
IEEE Access	Estados Unidos	<i>Journal</i> multidisciplinar, Open Access, que apresenta artigos originais, tecnicamente corretos e bem apresentados	4,49	28
Manufacturing Letters	Estados Unidos	Oferece artigos que descrevem novos tipos de manufatura, baseados em novos processos ou materiais, novos conceitos em sistemas de manufatura e uma nova visão sobre velhos problemas e soluções na área	6,83	18
Sensors	Suíça	Fornecer um espaço direcionado a ciência e tecnologia de sensores e biossensores. Publica revisões, documentos de pesquisa e notas curtas	3,23	13
Sustainability	Suíça	Incentiva os cientistas a publicarem suas pesquisas relacionadas às ciências naturais, sociais e humanidades, afim de promover previsões científicas e avaliações de impacto do desenvolvimento humano	2,37	13

Tabela 3 – *Journals* com maior número de artigos publicados

(Conclusão)

<i>Journal</i>	País	Sobre o <i>Journal</i>	Citiscore	Número de artigos
Computers In Industry	Holanda	Publica trabalhos de pesquisa originais, com objetivo de mostrar novas tendências da tecnologia da informação e comunicação na indústria entre outros campos de interesse	3,68	12
International Journal Of Production Research	Reino Unido	Apresenta artigos relacionados a tecnologia de manufatura e o comportamento dos recursos de produção, bem como outras variáveis relacionadas a área de engenharia de produção	2,9	12
AI And Society	Alemanha	Possui artigos com enfoque nas questões políticas, design e gerenciamento de informações, comunicações e novas tecnologias de mídia	0,79	10

**Fonte: Dados de pesquisa**

As áreas temáticas mais relevantes do *Journal* *Procedia Manufacturing* são Engenharia e Ciência da Computação. A totalidade dos artigos publicados pelo IFAC Papers online pertencem a área de Engenharia. Em relação ao ZWF, os artigos estão relacionados as áreas de Engenharia; Gestão, Negócios e Contabilidade; Tomada de decisão.

Nota-se que os *Journals* com maior Citiscore são *Manufacturing Letters* (6,83), *IEEE Access* (4,49) e *Computers In Industry* (3,68).

#### 4.1.4 Países com maior número de publicações

No tocante aos países, constata-se a importância da Alemanha na área com 209 artigos referentes as publicações das afiliações alemãs conforme mostra a Tabela 4. A Alemanha é reconhecidamente a pioneira no desenvolvimento da Indústria 4.0, e conta com uma notável rede de instituições e centros de pesquisa voltada para a área, o que certamente impactou nos números. Logo em seguida temos Itália, com 102 artigos, China, com 90 artigos e Coreia do Sul, com 68 artigos.

**Tabela 4– Países com maior número de artigos publicados**

<b>País</b>	<b>Artigos</b>	<b>País</b>	<b>Artigos</b>
Alemanha	209	Índia	20
Itália	102	Hungria	19
China	90	Japão	14
Coréia do Sul	68	Malásia	13
Estados Unidos	64	Polônia	13
Espanha	56	Suíça	13
Reino Unido	56	Canadá	11
Taiwan	31	Dinamarca	10
Austria	27	Eslováquia	10
França	26	África do Sul	10
República Tcheca	24	Bélgica	9
Brasil	23	Croácia	9
Rússia	23	Grécia	9
Suécia	23	Noruega	9
Portugal	21	Cingapura	9

**Fonte: Dados de pesquisa**

Os *Journals* com mais publicações da Alemanha são o *ZWF Zeitschrift Fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, com 29 artigos; *Procedia Manufacturing*, com 24 artigos e o *IFAC Papers online* com 22 artigos. Já em relação a Itália, *Procedia Manufacturing*, com 22 artigos, *IFAC Papers online* com 21 artigos e *AI And Society* com 4 artigos, são os mais representativos.

#### 4.1.5 Afiliações com maior número de publicações

No que se refere as Afiliações com maior representatividade no número de artigos, destacam-se as instituições *South China University of Technology*, da China; *Rheinisch-Westfalische Technische Hochschule Aachen*, da Alemanha e o *Politecnico di Milano*, da Itália. A Tabela 5 ainda traz outras 5 afiliações alemãs com maior representatividade no número de artigos, o que está diretamente relacionado com toda a estrutura criada em prol da Indústria 4.0 no país, através de institutos de pesquisa dedicados a temática e de iniciativas de apoio do governo alemão.

**Tabela 5 – Afiliações com o maior número de artigos publicados**

<b>Afiliação</b>	<b>País</b>	<b>Artigos</b>	<b>Afiliação</b>	<b>País</b>	<b>Artigos</b>
South China University of Technology	China	19	Magyar Tudományos Akademia	Hungria	8
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen	Alemanha	13	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg	Alemanha	7
Politecnico di Milano	Itália	12	Technische Universität Chemnitz	Alemanha	7
Universität Stuttgart	Alemanha	10	Technical University of Berlin	Alemanha	7
Vysoké Učení Technické v Brně	República Tcheca	9	Università degli Studi di Napoli Federico II	Itália	7
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz	Alemanha	9	Technische Universität Wien	Áustria	7
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia	Itália	8	Universidade do Minho	Portugal	7
Luleå tekniska Universitet	Suécia	8	Università degli Studi di Padova	Itália	6
Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet	Noruega	8	Chalmers University of Technology	Suécia	6
Beihang University	China	8	Sungkyunkwan University	Coréia do Sul	6
Shanghai Jiao Tong University	China	8	Technische Universität Darmstadt	Alemanha	6

**Fonte: Dados de pesquisa**

As áreas temáticas com maior número de publicações da *South China University of Technology* são: Ciência da Computação, Engenharia e Ciência dos Materiais. Já na *Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen* destacam-se as áreas de Engenharia, Ciência da Computação e Artes/Humanidades.

#### 4.1.6 Autores com maior representatividade

Em relação aos autores, a Tabela 6 mostra um predomínio de autores de instituições chinesas com maior número de artigos publicados. Os autores *Li, D.*; *Wang, S* e *Wan J.* pertencem ao mesmo grupo de pesquisa na *South China University of Technology*, e possuem coautoria em vários artigos. Vale ressaltar os autores *Rauch, E.*; *Dallasega, P.*; *Matt, D.T.* e *Fiorentino, M.*; *Gattullo, M.*; *Uva, A.E.* que pertencem respectivamente à *Free University of Bozen-Bolzano* e *Politecnico di Bari*, ambas instituições italianas. O *h-index* é uma métrica da *Scopus* que tem por objetivo medir tanto o impacto da produtividade do autor em relação a totalidade de publicações, quanto o número de citações das mesmas, ou seja, quanto maior o *h-index* mais notável o autor.

**Tabela 6- Autores com o maior número de publicações**

<b>Autor</b>	<b>País</b>	<b>Afiliação do autor</b>	<b>h - index</b>	<b>Artigos</b>
Li, D.	China	South China University of Technology, School of Mechanical and Automotive Engineering	19	13
Wang, S.	China	South China University of Technology, School of Mechanical & Automotive Engineering	9	12
Wan, J.	China	South China University of Technology, School of Mechanical and Automotive Engineering	31	11
Liu, C.	China	Shanghai Jiao Tong University, State Key Laboratory of Mechanical System and Vibration	18	6
Rauch, E.	Itália	Free University of Bozen-Bolzano, Faculty of Science and Technology	10	6
Dallasega, P.	Itália	Free University of Bozen-Bolzano	8	5
Fiorentino, M.	Itália	Politecnico di Bari, Department of Mechanics	11	5
Fraga-Lamas, P.	Espanha	Universidade da Coruña, Department of Computer Engineering	11	5
Gattullo, M.	Itália	Politecnico di Bari, Department of Mechanics	5	5
Matt, D.T.	Itália	Free University of Bozen-Bolzano	11	5
Uva, A.E.	Itália	Politecnico di Bari, Department of Mechanics	11	5
Voigt, K.I.	Alemanha	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg	7	5
Zhang, C.	China	Shenyang University of Technology, School of Materials Science and Engineering	28	5

**Fonte: Dados de pesquisa**

As áreas temáticas mais representativas nas publicações de *Li, D.; Wang, S.* e *Wang, J.* são Ciência da Computação, Engenharia e Ciência dos Materiais.

#### 4.1.7 Palavras chave com maior frequência

Em relação às palavras chave mais recorrentes, a Tabela 7 aponta que vale destacar *Industry 4.0*, com 460 artigos, *Manufacture*, com 159 artigos, *Internet Of Things*, com 141 artigos, *Embedded Systems*, com 137 artigos e *Big Data* com 88 artigos. O conceito da Indústria 4.0 é recente, e provoca grandes mudanças na manufatura tradicional através da maior integração entre processos. As palavras chave mencionadas estão diretamente relacionadas com esse conceito de maior integração e, portanto, justifica-se a maior frequência destas palavras chave nos artigos.

**Tabela 7 – Palavras chave com maior número de artigos indexados**

Palavra Chave	Artigos	Palavra Chave	Artigos
Industry 4.0	460	Cyber Physical Systems (CPSs)	37
Manufacture	159	Distributed Computer Systems	35
Internet Of Things	141	Internet Of Things (IOT)	34
Embedded Systems	137	Manufacturing	29
Big Data	88	IoT	28
Cyber Physical System	83	Production System	28
Industrial Revolutions	65	Optimization	26
Industrial Research	56	Artificial Intelligence	25
Decision Making	54	Innovation	25
Automation	53	Life Cycle	25
Smart Factory	49	Flow Control	23
Smart Manufacturing	45	Information Management	23
Industrie 4.0	43	Sustainability	23
Manufacturing Industries	41	Virtual Reality	23
Cyber-physical Systems	39	Augmented Reality	22

**Fonte: Dados de pesquisa**

A seguir o Quadro 10 traz alguns trechos dos artigos relacionados às palavras chave mais frequentes.

**Quadro 10 – Palavras chave e trechos dos artigos relacionados**

Palavra chave	Artigo	Autor	Trecho
Industry 4.0	Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis	Liu, Y; Xu, X (2017)	“O termo “Indústria 4.0” simboliza a 4ª Revolução Industrial, considerada o próximo estágio no controle e organização de todo o fluxo de valor ao longo do ciclo vida de um produto. Este ciclo visa atender desejos de clientes cada vez mais individualizados”
	Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics	Hofmann, E.; Rüsçh, M. (2017)	“A Indústria 4.0 é definida através de produtos e serviços conectados de forma flexibilizada por meio da internet e de outros aplicativos de rede. Esta conectividade permite uma produção automatizada e otimizada de bens e serviços, descentralização do controle da cadeia de valor baseadas em decisões autônomas.”
Manufacture	Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing	Sanders, A.; Elangeswaran, C.; Wulfsberg, J; (2016)	“A automação na produção desempenhou um papel importante desde o início do lean manufacturing, e a Indústria 4.0 pode ser associada como um avanço neste assunto”
Embedded Systems	Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review	Zhong, R.Y. et al (2017)	“A Indústria 4.0 combina tecnologias integradas de sistemas de produção com processos de produção inteligentes com intuito de predeterminar o caminho que transformará as cadeias de valor da indústria, produção e novos modelos de negócios, em meio a uma nova era tecnológica.”
	A Complex View of Industry 4.0	Roblek, V.; Mesko, M.; Krapez, A. (2016)	“Computadores e tecnologias integradas monitoram e controlam os processos físicos, o que faz com que ciclos de feedback afetem concomitantemente processos físicos e computacionais”

**Fonte: Dados de pesquisa**

As palavras chave “*Industry 4.0*”, “*Manufacture*” e “*Embedded Systems*” estão fortemente correlacionadas com a definição teórica da Indústria 4.0, o que pode ter motivado a escolha dos autores por essas palavras chave.

## 4.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO

A Análise de Conteúdo foi realizada sobre os 20 artigos selecionados pela Methodi Ordinatio. Os parâmetros estabelecidos no Quadro 9: Objetivo dos artigos, Definições da Indústria 4.0, Palavras mais frequentes, Os Pilares da Indústria 4.0, e

os Impactos da Indústria 4.0 nas organizações serão apresentados nas seções a seguir.

#### 4.2.1 Objetivo dos artigos

O Quadro 11 reúne os objetivos referentes aos artigos selecionados para a Análise de Conteúdo. Também são apresentados o ano de publicação do artigo e os respectivos autores.

**Quadro 11 – Apresentação dos objetivos dos artigos**

#	Artigo	Ano	Autor	Objetivo
1	Industry 4.0: A Korea perspective	2018	Sung, T.K.	Fornecer uma discussão detalhada e prática sobre a Indústria 4.0 e sugerir consequências políticas para a Indústria 4.0 na Coreia do Sul.
2	What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability	2018	Muller, J.M.; Kiel D.; Voigt, K.I.	Testar um modelo de pesquisa compreendendo oportunidades e desafios significativos relacionados a Indústria 4.0 como antecedentes a sua implementação.
3	When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors	2018	Jabbour et al.	Explicar a integração de duas novas tendências industriais que indicam a remodelação dos padrões atuais de consumo e produção: a Indústria 4.0 e a manufatura ambientalmente sustentável
4	Aspects of risk management implementation for Industry 4.0	2017	Tupa, J.; Simota, J.; Steiner, F.	Realizar pesquisas sobre a Indústria 4.0 relacionadas a aspectos chave e apresentação de um framework para implementar a gestão de riscos direcionada para a Indústria 4.0
5	Fourth Industrial Revolution: Technological Drivers, Impacts and Coping Methods	2017	Li, G.; Hou, Y.; Wu, A.	Discutir aspectos tecnológicos específicos de cada direcionador tecnológico por trás da Indústria 4.0, e avalia seus impactos no desenvolvimento industrial e socioeconômico.
6	Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis	2017	Liu, Y ;Xu, X.	Apresentar ideias básicas da Indústria 4.0 e da manufatura na nuvem, além de fornecer uma visão geral de pesquisas atuais relacionadas e uma análise comparativa sobre o assunto sob diferentes perspectivas.
7	Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics	2017	Hoffmann, E.; Rüsch, M.	Discutir oportunidades da Indústria 4.0 no contexto da gestão logística. Os autores procuram tornar claras as implicações da Indústria 4.0 no setor logístico, seguindo uma abordagem conceitual de pesquisa.



8	Industry 4.0 framework for management and operations: a review	2017	Saucedo. et al.	Analisar avanços recentes por meio de métodos qualitativos na área da Indústria 4.0, identificando oportunidades e tendências com intuito de obter lacunas de pesquisa que possam ser realizadas.
9	Industry 4.0 Concept: Background and Overview	2017	Rojko, A.	Apresentar e facilitar o entendimento dos conceitos alheios a Indústria 4.0, seus direcionadores, facilitadores, suas metas e limitações.
10	Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review	2017	Zhong et. al.	Apresentar uma revisão abrangente de aspectos relacionados a Indústria 4.0, como a manufatura inteligente, Internet das Coisas e a manufatura na nuvem.
11	Sustainability Aspects of a Digitalized Industry – A Comparative Study from China and Germany	2017	Beier et al	Discutir as mudanças que a digitalização deve provocar na indústria, através de uma comparação entre o setor industrial da Alemanha com o da China.
12	Sustainable Industrial Value Creation: Benefits and Challenges of Industry 4.0	2017	Kiel et al.	Ilustrar um Quadro abrangente e estruturado a respeito dos benefícios e desafios relacionados a Internet Industrial das Coisas nos âmbitos econômicos, ecológicos e sociais.
13	The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0	2017	Yin, Y.; Stecke, K.; Li, D.	Discutir os sistemas de produção com foco nas relações entre a oferta de produtos e a demanda do cliente no contexto da Indústria 2.0-4.0
14	The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0	2017	Moeuf et al.	Abordar questões distintas a respeito da Indústria 4.0 em relação às pequenas e médias empresas, através de uma revisão bibliográfica.
15	Transition towards an Industry 4.0 state of the LeanLab at Graz University of Technology	2017	Karre et al.	Apresentar o estado atual do LeanLab e indica as próximas etapas para uma fábrica se tornar Indústria 4.0
16	A Complex View of Industry 4.0	2016	Roblek, V.; Mesko, M.; Krapez, A.	Sintetizar as práticas e teorias conhecidas da Indústria 4.0 e investigar as mudanças advindas pela Indústria 4.0 e pelo desenvolvimento da Internet das Coisas.
17	Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing	2016	Sanders, A.; Elangeswaran, C.; Wulfsberg, J;	Analisar a ligação entre a Indústria 4.0 e a manufatura enxuta, e investiga a capacidade da Indústria 4.0 em implementar o lean manufacturing.

18	Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions	2016	Kang et al.	Expor uma visão sobre aspectos passados e presentes sobre a manufatura inteligente, através da pesquisa e análise de vários artigos relacionados, além de apresentar uma previsão futura sobre o tema.
19	Industrial Revolution - Industry 4.0: Are German Manufacturing SMEs the First Victims of this Revolution?	2015	Sommer, L.	O artigo fornece uma visão sobre a dependência do tamanho da empresa em relação à facilidade de adequação as necessidades da Indústria 4.0.
20	Transforming to a hyper-connected society and economy – towards an “Industry 4.0”	2015	Bauer et al.	Focar nos efeitos da Indústria 4.0 nas áreas de qualificação, liderança e modo de trabalho.

**Fonte: Dados de pesquisa**

De modo geral, os artigos apresentam diferentes abordagens a respeito da Indústria 4.0. Enquanto alguns artigos focam em dar um bom entendimento acadêmico a respeito da temática, outros artigos são mais específicos e abordam a Indústria 4.0 em torno de um tema em especial como por exemplo Hoffmann & Rüsç (2016) que abordam o setor logístico, Beier et al. que traz uma comparação entre Alemanha e China em termos de transformação industrial.

Através de um estudo conceitual focado no setor logístico, Hoffmann & Rüsç (2016) confrontam dois conceitos logísticos a respeito de potenciais consequências da Indústria 4.0, onde apresentam uma revisão crítica a respeito do assunto e oferecem sugestões para pesquisas em potencial.

Com referência aos atuais desafios enfrentados pela Alemanha como grande referência da Indústria 4.0 e levando em consideração aspectos eficientes na geração de valor, Bauer et al (2015) trazem implicações da Indústria 4.0 em alguns pontos relacionados a esses fatores.

Por meio de uma revisão de literatura, Moeuf et. al (2017) investigam práticas de planejamento e controle de produção, com foco nas pequenas e médias empresas. Os autores Kang et al. (2016) abordam a manufatura inteligente através de uma discussão de estudos, tecnologias e artigos relacionados mediante uma revisão de literatura. Seguindo a mesma estratégia, Zhong et al (2017) trazem uma revisão abrangente sobre vários aspectos da Indústria 4.0 com intuito de contribuir com os avanços das discussões sobre a temática.

#### 4.2.2 Definições de Indústria 4.0

Através da leitura sistemática dos artigos, juntamente com o auxílio do NVivo 12 para a organização e codificação das informações o Quadro 12 a seguir contempla as definições sobre a Indústria 4.0 a partir dos artigos utilizados para a Análise de Conteúdo.

**Quadro 12 – Apresentação das definições da Indústria 4.0 nos artigos**

Artigo	Ano	Autor	Definição
Industry 4.0: A Korea perspective	2018	Sung, T.K.	A Indústria 4.0 é o próximo nível na digitalização da manufatura, e é impulsionada por 4 disrupções: aumento de dados, poder computacional e conectividade; surgimento de recursos de inteligência e análise de negócios; novas formas de interação homem-máquina
What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability	2018	Muller, J.M.; Kiel D.; Voigt, K.I.	Novo paradigma de manufatura digital e conectada conhecido como Indústria 4.0 ou Internet Industrial das Coisas, está transformando fábricas com uma visão de produção inteligente e autônoma.
When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors	2018	Jabbour et al.	Para muitos, a Indústria 4.0 significa uma nova e poderosa tendência, orientada para tecnologias virtuais e digitais, centrada no serviço.
Aspects of risk management implementation for Industry 4.0	2017	Tupa, J.; Simota, J.; Steiner, F.	Pode ser definida como um termo coletivo para as tecnologias e conceitos da organização da cadeia de valor o qual integra sistemas físicos cibernéticos, internet das coisas, internet dos serviços.
Fourth Industrial Revolution: Technological Drivers, Impacts and Coping Methods	2017	Li, G.; Hou, Y.; Wu, A.	A 4ª Revolução Industrial é caracterizada pela ampla aplicação de sistemas físicos cibernéticos no ambiente de manufatura. O pilar fundamental da 4ª Revolução Industrial é a profunda integração entre os sistemas de tomada de decisão e de rede.
Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis	2017	Liu, Y;Xu, X.	O termo Indústria 4.0 representa a 4ª Revolução Industrial, considerada a próxima etapa na organização e controle de todo o fluxo de valor ao longo do ciclo de vida de um produto.
Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics	2017	Hoffmann, E.; Rüsch, M.	A Indústria 4.0 é atualmente um tema muito discutido que supostamente tem potencial para afetar setores por completo, transformando a forma como os bens são projetados, fabricados, entregues e pagos.

Industry 4.0 framework for management and operations: a review	2017	Saucedo et al.	Representa um sistema holístico de tecnologias de informação, pessoas, máquinas e ferramentas, que possibilita o fluxo de bens, serviços e dados de maneira controlada, por meio da cadeia de valor, com mecanismos com alto grau de autonomia e alta capacidade de transmitir informações úteis para a tomada de decisão.
Industry 4.0 Concept: Background and Overview	2017	Rojko, A.	A Indústria 4.0 também pode ser vista como uma ação para sustentar a posição da Alemanha como um dos países mais influentes na fabricação de máquinas e automóveis.
Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review	2017	Zhong et al.	A Indústria 4.0 é uma iniciativa estratégica alemã que visa a criação de fábricas inteligentes onde as tecnologias de fabricação são atualizadas e transformadas por Sistemas Físicos Cibernéticos, Internet das Coisas e a Computação na Nuvem.
Sustainability Aspects of a Digitalized Industry – A Comparative Study from China and Germany	2017	Beier et al.	Indústria digitalizada e interconectada.
Sustainable Industrial Value Creation: Benefits and Challenges of Industry 4.0	2017	Kiel et al..	Também conhecida internacionalmente como Internet Industrial das Coisas, a Indústria 4.0 refere-se à integração de tecnologias da Internet das Coisas com foco na criação de valor industrial.
The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0	2017	Yin, Y.; Stecke, K.; Li, D.	Iniciativa conhecida como Indústria 4.0, é baseada em inovações tecnológicas como Internet das Coisas, Big Data, Veículos Elétricos, Impressão 3D, Computação na Nuvem, Inteligência Artificial e Sistemas Físicos Cibernéticos.
The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0	2017	Moeuf et al.	Conceito que viabiliza a fabricação com elementos de inteligência tática, usando técnicas e tecnologias como Internet das Coisas, Computação na Nuvem e Big Data.
Transition towards an Industry 4.0 state of the LeanLab at Graz University of Technology	2017	Karre et al.	O termo Indústria 4.0 descreve uma visão de fábricas automatizadas inteligentemente.
A Complex View of Industry 4.0	2016	Roblek, V.; Mesko, M.; Krapez, A.	O conceito iniciou a 4ª revolução tecnológica, baseada nos conceitos e tecnologias que abrangem sistemas físicos cibernéticos, internet das coisas e a internet dos serviços, baseado na comunicação contínua via Internet entre humanos, entre humanos e máquinas e entre máquinas.
Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing	2016	Sanders, A. Elangeswaran, C. Wulfsberg, J.	A 4ª Revolução Industrial aplica os princípios de sistemas físicos cibernéticos, internet e tecnologias orientadas para o futuro e sistemas inteligentes com paradigmas de interação entre homem-máquina aprimorados.

Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions	2016	Kang et al.	A Indústria 4.0 vem para criar novos valores, novos modelos de negócios e resolve vários problemas sociais ligando as coisas dentro e fora de uma fábrica, através de serviços de redes de comunicação baseadas em Sistemas Físicos Cibernéticos, Internet das Coisas e dos Serviços.
Industrial Revolution - Industry 4.0: Are German Manufacturing SMEs the First Victims of this Revolution?	2015	Sommer, L.	Na Indústria 4.0 os produtos informam as máquinas de maneira autônoma sobre o que elas devem fazer, tornando assim, os chamados objetos inteligentes.
Transforming to a hyper-connected society and economy – towards an “Industry 4.0”	2015	Bauer et al.	Projeto de alta tecnologia do governo alemão, à Indústria 4.0 promove a informatização de processos de negócios industriais, principalmente aqueles relacionados a fabricação, que é visto como um modelo chave para o futuro.

**Fonte: Dados de pesquisa**

Os autores Roblek, Mesko e Krapez (2016); Tupa, Simota e Steiner (2017); Sanders, Elangeswaran e Wulfsberg (2016); Zhong et al. (2017); Yin, Steckle e Li (2017); Moeuf et al (2017) trazem definições as quais realçam a importância dos componentes principais da Indústria 4.0 tais como Sistemas Físicos Cibernéticos e Internet das Coisas.

Referindo-se a Indústria 4.0 como Internet Industrial das Coisas, os autores Kiel et al. (2017) e Muller, Kiel e Voigt (2018) revelam a importância da conectividade e integração nos sistemas de manufatura.

Enfatizando a influência da Indústria 4.0 na cadeia de valor, Saucedo et al (2017) e Liu e Xu (2017) trazem o controle e autonomia na tomada de decisão como marcos importantes da Indústria 4.0. A importância da Alemanha no tema é notada pela referência a iniciativa tecnológica do governo federal Alemão para o tema, mencionada por Rojko (2017); Zhong et al. (2017) e Bauer et al. (2015).

De maneira geral, a Indústria 4.0 é definida pelos autores como algo positivo e que envolve tecnologias para o seu desenvolvimento.

#### 4.2.3 Palavras mais frequentes

A Figura 13 mostra quais são as palavras com maior frequência no portfólio de artigos e as coloca em evidência nesta nuvem de palavras, na lógica de quanto maior a frequência maior o tamanho da palavra.



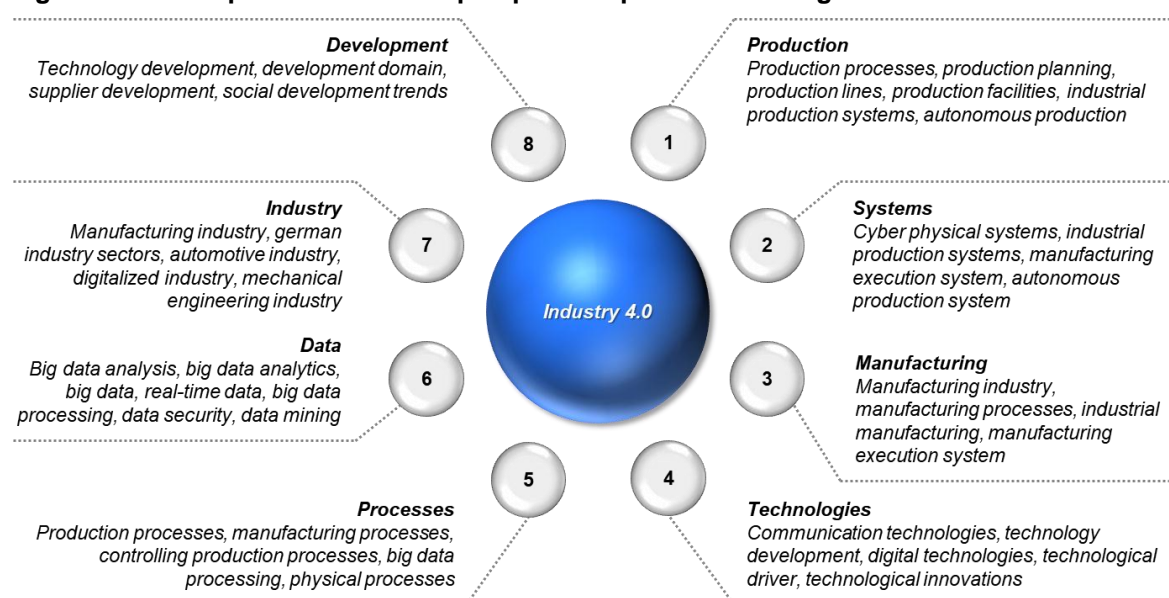
**Figura 14 - Resultado da codificação automática no NVivo 12**

Codificação automática - Indústria 4.0							
Pesquisar Projeto							
Nome	Arquivos	Referências	Criado em	Criado por	Modificado em	Modificado por	
production		18	77	04/11/2018 18:22	NV	04/11/2018 18:22	NV
systems		18	74	04/11/2018 18:22	NV	04/11/2018 18:22	NV
manufacturing		15	62	04/11/2018 18:22	NV	04/11/2018 18:22	NV
technologies		19	61	04/11/2018 18:22	NV	04/11/2018 18:22	NV
processes		17	49	04/11/2018 18:22	NV	04/11/2018 18:22	NV
data		14	42	04/11/2018 18:22	NV	04/11/2018 18:22	NV
industry		11	26	04/11/2018 18:22	NV	04/11/2018 18:22	NV
manufacturing industry		5	12	04/11/2018 18:22	NV	04/11/2018 18:22	NV
german industry sectors		2	5	04/11/2018 18:22	NV	04/11/2018 18:22	NV
automotive industry		4	4	04/11/2018 18:22	NV	04/11/2018 18:22	NV
digitalized industry		2	3	04/11/2018 18:22	NV	04/11/2018 18:22	NV
mechanical engineering indu		1	2	04/11/2018 18:22	NV	04/11/2018 18:22	NV
development		8	17	04/11/2018 18:22	NV	04/11/2018 18:22	NV

Fonte: Dados de pesquisa

A partir dos resultados obtidos no NVivo 12, a Figura 15 representa o modelo das temáticas mais importantes do portfólio de artigos considerado na Análise de Conteúdo, bem como os subtemas correspondentes mais relevantes.

**Figura 15 - Principais temáticas de pesquisa do portfólio de artigos**



Fonte: Dados de pesquisa e NVivo 12

Os temas mais relevantes são “*production*” (produção), “*systems*” (sistemas) e “*manufacturing*” (manufatura). Os subtemas mais relevantes relacionados a “*production*” são “*production process*” (processos de produção), “*production lines*” (linhas de produção) e “*production planning*” (planejamento da produção). O

impacto direto da Indústria 4.0 no setor produtivo de uma organização é uma forte evidência para a relevância deste tema dentro do contexto da Indústria 4.0.

Os demais temas e subtemas podem servir como um direcionador para um melhor entendimento a respeito de assuntos relacionados a Indústria 4.0, e também como sugestões de pesquisas futuras.

#### 4.2.5 Os 9 Pilares da Indústria 4.0

Os próximos tópicos trazem uma correlação entre cada um dos 9 pilares tecnológicos da Indústria 4.0 com o portfólio de artigos analisado, através da identificação de trechos dos artigos que fazem referência a esses pilares ou que os definem. Os quadros trazem, além do nome do artigo e o trecho correspondente, o autor e o ano de publicação.

##### 4.2.5.1 Big Data

O Quadro 13 a seguir reúne trechos dos artigos dos quais descrevem o *Big Data* no contexto da Indústria 4.0.

**Quadro 13 – Big Data na visão dos autores**

Pilar	Artigo	Autor	Trecho
Big Data	Fourth Industrial Revolution: Technological Drivers, Impacts and Coping Methods	Li, G.; Hou, Y.; Wu, A. (2017)	“Muitas indústrias estão introduzindo novas tecnologias com o apoio de Big Data e inteligência artificial para ajustar o design, promoção e entrega de produtos, bem como também o seu sistema de atendimento ao cliente.”
	Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions	Kang et al. (2016)	A Indústria 4.0 traz uma tendência de mudança, possibilitada por um ambiente Big Data nos serviços de manufatura.
	Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review	Zhong et al. (2017)	“Por meio do processamento do Big Data, a indústria pode ter conhecimento de parâmetros críticos que possuem maior impacto na qualidade ou na variabilidade da produção.”

**Fonte: Dados de pesquisa**

Os autores Li, Hou e Wu (2017) enfatizam a importância do *Big Data* em termos de relacionamento com os clientes e modo de interação com o produto. No



sentido de mudança no ambiente industrial Kang et al. (2016) apontam o Big Data como um precursor da Indústria 4.0. Já Zhong et al. (2017) denota a importância do Big Data no controle da variabilidade da produção.

#### 4.2.5.2 Robôs Autônomos

Sobre Robôs Autônomos, o Quadro 14 abaixo expõe a visão dos autores sobre o assunto no contexto da Indústria 4.0.

**Quadro 14 – Robôs Autônomos na visão dos autores**

Pilar	Artigo	Autor	Trecho
Robôs Autônomos	Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis	Liu, Y; Xu, X (2017)	“Manufatura aditiva e robôs são componentes essenciais dos sistemas de fabricação baseados em Sistemas Físicos Cibernéticos da Indústria 4.0.”
	Industry 4.0 framework for management and operations: a review	Saucedo et al. (2017)	“Uma maneira de garantir a produção integral, é fortalecer as atividades dos processos com o uso de robôs autônomos, para que eles possam reduzir erros em tarefas simples. Os robôs estão intimamente ligados ao nível de automação da empresa, pois os mesmos aumentam o nível de eficiência das linhas de produção e aperfeiçoam o sistema.”
	The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0	Moeuf et al. (2017)	“Os robôs colaborativos e os sensores incorporados na indústria estão se tornando cada vez mais flexíveis, comunicativos e cooperativos.”

Fonte: Dados de pesquisa

Liu e Xu (2017) e Saucedo et al. (2017) denotam a importância dos Robôs Autônomos nos Sistemas Físicos Cibernéticos da Indústria 4.0 e na redução da variabilidade dos processos, respectivamente. Já Mouef et al. (2017) indica que os robôs autônomos estão se tornando cada vez mais adaptados as necessidades da indústria.

#### 4.2.5.3 Simulação

Sobre Simulação, o Quadro 15 abaixo exhibe trechos relacionados ao assunto no ponto de vista dos autores.

**Quadro 15 – Simulação na visão dos autores**

Pilar	Artigo	Autor	Trecho
Simulação	The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0	Moeuf et al. (2017)	“Integrando diferentes ferramentas computacionais, a Simulação permite que gerentes e projetistas simulem o desempenho de todos os aspectos de um sistema de produção. Além disso, as ferramentas de modelagem possibilitam a análise do comportamento do produto, o desempenho das linhas de produção e a coordenação de redes o qual leva a otimização de todos os processos e operações industriais.”
	Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review	Zhong et al. (2017)	“O rápido crescimento fez com que as tecnologias de informação e comunicação se tornassem chaves nos sistemas de manufatura, onde o design, a produção, a entrega rápida de produtos altamente personalizados é viabilizado pelo suporte das ferramentas de produção, modelagem, simulação e representações digitais e virtuais.”
	Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics	Hoffmann, E. Rüsck, M. (2017)	“No caso de cadeias de fornecimento totalmente transparentes e integradas, os processos de transporte e entrega podem ser otimizados em toda a cadeia de suprimentos. As ferramentas de simulação podem ajudar no cálculo do transporte adequado, quando fornecido os requisitos chave.”

Fonte: Dados de pesquisa

Os autores Moeuf et al. (2017) apontam que a Simulação possibilita um controle maior dos sistemas de produção. Zhong et al. (2017) descreve a importância do tema no ciclo de vida do produto. Em relação a cadeia de suprimentos, Hoffmann e Rüsck (2017) salientam que a Simulação pode ajudar na confiabilidade das informações.

#### 4.2.5.4 Integração Vertical e Horizontal

O Quadro 16 a seguir reúne trechos dos artigos dos quais descrevem a importância da Integração em relação a Indústria 4.0.

**Quadro 16 – Integração na visão dos autores**

Pilar	Artigo	Autor	Trecho
Integração Vertical e Horizontal	<i>Industry 4.0 framework for management and operations: a review</i>	<i>Saucedo et al. (2017)</i>	“A integração do sistema é o primeiro passo para tornar realidade a visão da Indústria 4.0.”

	<i>Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis</i>	Liu, Y; Xu, X (2017)	“A Indústria 4.0 é caracterizada pela integração em 3 dimensões: integração vertical em conjunto com sistemas de fabricação em rede, integração horizontal através de redes de valor e integração de engenharia digital de ponta a ponta em toda a cadeia de valor do ciclo de vida de um produto.”
--	---	----------------------	---

Fonte: Dados de pesquisa

Saucedo et al. (2017) ressalta a importância da integração do sistema para a implantação da Indústria 4.0. Já Liu e Xu (2017) enfatizam as dimensões de integração no contexto da Indústria 4.0, que podem acontecer tanto dentro da organização quanto fora da organização.

#### 4.2.5.5 Internet das Coisas

No que se refere a Internet das Coisas, o Quadro 17 abaixo revela a visão dos autores sobre o assunto no contexto da Indústria 4.0.

**Quadro 17 – Internet das Coisas na visão dos autores**

Pilar	Artigo	Autor	Trecho
Internet das Coisas	The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0	Moeuf et al. (2017)	“Internet das Coisas viabiliza novas tecnologias que podem fornecer recursos de comunicação para objetos físicos. A comunicação em tempo real de objetos físicos pode, por sua vez, ser explorada para monitorar vários produtos e estados do sistema em tempo real, implicando na descentralização da tomada de decisão.”
	Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review	Zhong et al. (2017)	“A Internet das Coisas é considerada um conceito moderno de fabricação alinhada à Indústria 4.0 e adotou avanços recentes como aumento na infraestrutura de tecnologia para aquisição e compartilhamento de dados, que influenciam no desempenho de um sistema de manufatura.”
	A Complex View of Industry 4.0	Roblek, V.; Mesko, M.; Krapez, A. (2016)	“A criação de novos produtos, serviços e modelos de negócios que prometem ganhos em todos os campos é viabilizada pela Internet das Coisas.”

Fonte: Dados de pesquisa

Os autores Moeuf et al. (2017) ressaltam a importância da Internet das Coisas na descentralização da tomada de decisão proporcionada pela Indústria 4.0. Já Zhong et al. exibem a correlação do assunto com a Indústria 4.0. A Internet das Coisas tem papel fundamental na criação de novos produtos, serviços e modelos de negócio, apontam Roblek, Mesko e Krapez (2016).

#### 4.2.5.6 Segurança da Informação

O Quadro 18 reúne trechos dos artigos dos quais descrevem a importância da Segurança da Informação em relação a Indústria 4.0.

**Quadro 18 – Segurança da Informação na visão dos autores**

Pilar	Artigo	Autor	Trecho
Segurança da Informação	Aspects of risk management implementation for Industry 4.0	Tupa, J.; Simota, J.; Steiner, F. (2017)	“Os resultados da nossa identificação apontam que a maioria dos fatores de risco comuns na área de manufatura estão relacionados à segurança da informação. As tecnologias de fabricação utilizadas, tais como máquinas, robôs, entre outros – são atualmente parte das chamadas Tecnologias de Informação e Comunicação. O problema chave é como proteger o sistema de fabricação contra ataques cibernéticos, perda de integridade dos dados ou problema com a disponibilidade de informações.”
	Sustainable Industrial Value Creation: Benefits and Challenges of Industry 4.0	Kiel et al. (2017)	“A segurança de dados é um desafio crítico que visa proteger dados e informações contra crimes cibernéticos, acesso não autorizado, abuso e espionagem industrial.”
	What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability.	Muller, J.M; Kiel D. Voigt, K.I (2018)	“As preocupações sobre segurança de dados e de propriedade abordadas pela Indústria 4.0 devem ser levadas a sério, mas precisam ser aceitas com intuito de obter o benefício de colaboração, abertura e sucesso para todo o negócio.”

Fonte: Dados de pesquisa

Os autores Tupa, Simota e Steiner (2017) apontam que a Segurança da Informação desempenha um papel importante nos riscos relacionados a área de manufatura. No mesmo sentido, Kiel et al. (2017) e Muller, Kiel e Vogt (2018) ressaltam que a segurança da informação é essencial contra-ataques e para a sustentabilidade do negócio.

#### 4.2.5.7 Computação na Nuvem

Sobre Computação na Nuvem, o Quadro 19 abaixo exhibe trechos relacionados ao assunto no ponto de vista dos autores.

**Quadro 19 – Computação na Nuvem na visão dos autores**

Pilar	Artigo	Autor	Trecho
Computação na Nuvem	<i>Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review</i>	Zhong et al. (2017)	“A Computação na Nuvem é um termo geral que se refere ao fornecimento de serviços computacionais através de recursos disponibilizados pela internet.”
	<i>Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis</i>	Liu, Y; Xu, X (2017)	“Trata-se de um novo paradigma de fabricação em rede que organiza recursos de fabricação em redes de acordo com as necessidades e exigências dos consumidores, com intuito de atender a uma variedade de serviços de fabricação via rede e plataformas de serviços de fabricação em nuvem.”
	<i>A Complex View of Industry 4.0</i>	Roblek, V.; Mesko, M.; Krapez, A. (2016)	“A importância da Computação na Nuvem e da Computação Móvel para a Indústria 4.0 está na prestação de serviços, que podem ser acessados através da Internet. Os serviços podem ser facilmente integrados e utilizados.”

Fonte: Dados de pesquisa

Através da definição de Computação na Nuvem, os autores Zhong et al. (2017); e Liu e Xu (2017) evidenciam o papel deste pilar para a Indústria 4.0. Já Roblek, Meso e Krapez (2016) enfatizam a importância da Computação na Nuvem para o tema, com foco na disponibilidade de serviços.

#### 4.2.5.8 Manufatura Aditiva

No que se refere a Manufatura Aditiva, o Quadro 20 a seguir traz trechos dos artigos no contexto da Indústria 4.0.

**Quadro 20 – Manufatura Aditiva na visão dos autores**

Pilar	Artigo	Autor	Trecho
Manufatura Aditiva	The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0	Yin, Y.; Stecke, K.; Li, D. (2017)	“A manufatura aditiva pode aumentar a flexibilidade, reduzir os custos de armazenamento e ajudar as empresas adotar uma estratégia de customização em massa.”
	Industry 4.0 Concept: Background and Overview	Rojko, A. (2017)	“No entanto, até o momento os processos de manufatura aditiva nem sempre podem alcançar a mesma qualidade de um processo industrial convencional e novos materiais precisam ser desenvolvidos.”
	Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings,	Kang et al. (2016)	“A fabricação aditiva é um método de aplicação de tecnologias de impressão 3D para a fabricação de componentes e produtos, o que pode implicar na redução do tempo e do custo

	and Future Directions		para o desenvolvimento e fabricação do produto.”
--	-----------------------	--	--

Fonte: Dados de pesquisa

Dando destaque ao ganho econômico, os autores Yin, Stecke e Li (2017); Kang et al. (2016) enfatizam a redução de custos como um benefício da Manufatura Aditiva. Já Roiko (2017), aponta que novos materiais são requeridos para atender as demandas da Manufatura Aditiva.

#### 4.2.5.9 Realidade Aumentada

O Quadro 22 reúne trechos dos artigos dos quais descrevem a importância da Realidade Aumentada no contexto da Indústria 4.0.

**Quadro 22 – Realidade Aumentada na visão dos autores**

Pilar	Artigo	Autor	Trecho
Realidade Aumentada	<i>Industry 4.0 framework for management and operations: a review</i>	<i>Saucedo et al. (2017)</i>	“A realidade aumentada é um elemento importante da indústria inteligente para a execução de operações, pois com o avanço deste recurso os riscos são reduzidos para vários processos da cadeia de valor. Nos sistemas de manufatura, a realidade aumentada é baseada em sistemas para melhorar procedimentos de manutenção, reduzindo os custos.”
	<i>Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review</i>	<i>Zhong et al. (2017)</i>	“Com o rápido desenvolvimento de novas tecnologias como a realidade virtual e a realidade aumentada, o design tradicional será atualizado e entrará em uma era inteligente. Software de design como desenho auxiliado por computador (CAD) e fabricação assistida por computador (CAM) é capaz de interagir com sistemas de protótipos físicos inteligentes em tempo real, possibilitados pela impressão tridimensional (3D) integrada com Sistemas Físicos Cibernéticos e realidade aumentada.

Fonte: Dados de pesquisa

Os autores Saucedo et al. (2017) apontam a confiabilidade e a redução de custos como principais impactos da Realidade Aumentada nos processos da Indústria 4.0. Já Zhong et al. (2017) apontam o design como grande impactado pela tecnologia.

#### 4.2.6 Impactos da Indústria 4.0 nas organizações

A partir da leitura sistemática dos 20 artigos do 2º portfólio, foram identificados os principais impactos que a Indústria 4.0 proporciona as organizações. Esses impactos englobam a implantação de novas tecnologias no sistema produtivo, benefícios como economia de custos e eficiência energética, mudanças no capital humano, entre outros.

Foram identificadas 6 macro áreas que resumem esses impactos, e estão apresentadas na Figura 16.

**Figura 16 - Macro áreas dos impactos identificados da Indústria 4.0**



**Fonte: Dados de pesquisa**

Nas próximas seções serão apresentados os impactos tecnológicos, impactos, na relação com clientes, impactos ambientais, impactos econômicos, impactos no capital humano e impactos na gestão, bem como uma correlação com o portfólio de artigos considerado na Análise de Conteúdo.

##### 4.2.6.1 Impactos tecnológicos

As tecnologias digitais fazem parte do contexto da Indústria 4.0, de modo que são essenciais para a sua implementação. A inserção destas tecnologias

impacta diretamente o ambiente das organizações. O Quadro 21 reúne os impactos tecnológicos identificados a partir do portfólio de artigos analisado.

**Quadro 21 – Impactos tecnológicos**

Autor	Impacto
Tupa, Simota e Steiner (2017)	Melhorar infraestrutura para manipular maiores volumes de dados e garantir a sua disponibilidade Maiores riscos relacionados à segurança cibernética.
Sung (2018)	Segurança cibernética é vista como essencial para a implantação da Indústria 4.0
Saucedo et al. (2017)	Aumento no uso de robôs, tanto nas linhas de produção quanto na área administrativa Simulação é a tecnologia considerada como a melhor opção para economizar tempos e recursos A Realidade Aumentada é uma tecnologia estratégica para execução de operações, redução de riscos e melhora nos procedimentos de manutenção A Computação na Nuvem garante a disponibilidade de dados
Sanders, Elangeswaran e Wulfsberg (2016)	Tecnologias RFID ajudam a eliminar erros no rastreamento de produtos.
Zhong et al. (2017)	Geração de grandes volumes de dados em decorrência de sensores altamente especializados Necessidade de sistemas inteligentes de manufatura para implementar tecnologias avançadas.
Beier et al. (2017)	Maior foco em tecnologias digitais para introduzir soluções autônomas.
Muller, Kiel, Voigt (2018)	Maior difusão de coleta e armazenamento de dados Novas tecnologias e novas demandas de clientes irão exigir a adaptação dos sistemas de produção.
Bauer et al. (2015)	As inovações tecnológicas continuarão a alterar produtos e serviços

**Fonte: Dados de pesquisa**

Os impactos tecnológicos exigem das organizações o alinhamento com as tecnologias que estão relacionadas com a Internet das Coisas, o *Big Data*, Sistemas Autônomos e os pilares tecnológicos em geral, conforme apontam Sung (2018); Saucedo et al. (2017); Muller, Kiel, Voigt (2018) e Zhong et al. (2017).

O maior volume de dados esperado pelo ambiente da Indústria 4.0 é apontado como impacto por Tupa, Simota e Steiner (2017); Zhong et al. (2017) e Muller, Kiel, Voigt (2018).

Novas tecnologias como Robôs Autônomos, Simulação, Realidade Aumentada, Computação na Nuvem são citadas por Saucedo et al. como grandes



protagonistas na Indústria 4.0. Os riscos associados a Segurança Cibernética são mencionados por Tupa, Simota e Steiner (2017) e Sung (2018).

As inovações tecnológicas que possibilitam implementar um ambiente de Indústria 4.0 nas organizações são citadas por Zhong et al. (2017); Muller, Kiel, Voigt (2018) e Bauer et al. (2015).

#### 4.2.6.2 Impactos na relação com clientes

O relacionamento entre as organizações e os clientes será impactado pelas mudanças proporcionadas pela Indústria 4.0. Os principais impactos estão descritos no Quadro 22, juntamente com os autores relacionados.

**Quadro 22 – Impactos nas relações com clientes**

<b>Autor</b>	<b>Impacto</b>
Roblek, Mesko e Krapez (2016)	Transformação na relação entre produtores e consumidores, sob efeito da Internet das Coisas e meios de produção.
Li, Hou e Wu (2017)	Clientes poderão realizar ajustes no produto tanto antes do pedido, quanto durante o projeto, montagem, fabricação e teste do produto.
Sommer (2015)	Melhor adequação as necessidades dos clientes.
Hoffmann e Rüschi (2017)	Maior integração entre os clientes e os parceiros negócios.
Rojko (2017)	Melhor capacidade de resposta ao cliente.

**Fonte: Dados de pesquisa**

De uma forma geral, os impactos no relacionamento com os clientes se baseiam no poder de personalização do produto por parte do cliente e na melhora da relação com as organizações.

A transformação na relação entre produtores e consumidores apontada por Roblek, Mesko e Krapez (2016), é sustentada pela Internet das Coisas e por novas iterações nos meios de produção, através de robôs, máquinas e capital humano, o que garante mais autonomia para a produção atender as demandas geradas pelos seus clientes.

A melhoria no relacionamento com os clientes é visada por Li, Hou, e Wu (2017); Sommer (2015); Hoffmann e Rüschi (2017) e Rojko (2017) e se dá através de várias formas, como a possibilidade de maior personalização de produtos, melhor adequação, maior integração e capacidade de resposta mais efetiva.

#### 4.2.6.3 Impactos ambientais

A sustentabilidade é um tema que está cada vez mais difundido na sociedade, e a Indústria 4.0 traz consigo uma série de benefícios proporcionados pelos avanços tecnológicos. O Quadro 23 a seguir reúne os principais impactos ambientais nas organizações advindos pela Indústria 4.0.

**Quadro 23 - Impactos ambientais**

<b>Autores</b>	<b>Impacto</b>
Liu e Xu (2017)	Viabiliza o melhor uso de recursos e garante eficiência energética aos processos.
Rojko (2017)	Melhor uso de recursos naturais e maior eficiência energética.
Muller, Kiel e Voigt (2018)	Redução do consumo de energia
	Redução das emissões e gases do efeito estufa.
	Redução do uso de matéria prima por influência da manufatura aditiva.
	Redução de impactos ambientais.
Jabbour et al. (2018)	Maior preocupação com a escolha de tecnologias para um ambiente de manufatura ambientalmente sustentável.
	Possibilita o desenvolvimento de produtos verdes, processos de manufatura ecológicos, gerenciamento da cadeia de suprimento com viés ecológico.

**Fonte: Dados de pesquisa**

Os ganhos proporcionados pela Indústria 4.0 implicam em uma melhora no setor ambiental das organizações, através do ganho com a redução de poluentes e maior preocupação ambiental com a produção dos produtos.

O melhor uso de recursos e a maior eficiência energética aparecem como os impactos ambientais mais significativos, citados por Liu e Xu (2017) e Rojko (2017). Os autores Muller, Kiel e Voigt (2018) destacam que a Indústria 4.0 implica na redução de diversos fatores, como a emissão de gases poluentes, o uso de matéria prima e dos impactos ambientais derivados dos processos produtivos.

Com enfoque na manufatura ambientalmente sustentável, Jabbour et al. (2018) aponta o desenvolvimento de novos produtos e processos em prol do assunto.

#### 4.2.6.4 Impactos econômicos

O aumento da produtividade e a redução de desperdícios proporcionadas pela Indústria 4.0 são grandes ganhos esperados quando o tema é impactos econômicos. O Quadro 24 abaixo contém os principais impactos econômicos proporcionados pela Indústria 4.0.

**Quadro 24 - Impactos econômicos**

<b>Autores</b>	<b>Impacto</b>
Roblek, Mesko e Krapez (2016)	Economia de US\$ 100 bilhões ao ano com utilização de sistemas embarcados para prevenção de acidentes.
Li, Hou e Wu (2017)	Oportunidade de crescimento econômico.
	Aumento na eficiência de produção.
Liu e Xu (2017)	Menores custos.
Hoffmann e Rüschi (2017)	Redução de custos de complexidade.
Saucedo. et al. (2017)	Redução de custos com manutenção.
Sanders, Elangeswaran e Wulfsberg (2016)	Redução de desperdícios implica na redução de custos.
Rojko (2017)	Diminuir os custos de produção em 10-30%, custos logísticos em 10-30%, custos de gestão da qualidade em 10-20%.
Zhong et al. (2017)	Redução de custos por meio do uso de sistemas de manufatura flexíveis
Kang et al. (2016)	Redução de custos e aumento da produtividade por meio da manufatura inteligente.
Kiel et al. (2017)	Aumento da competitividade, melhora das finanças, da eficiência de equipamentos e do uso de recursos.

**Fonte: Dados de pesquisa**

Os impactos econômicos apontados pelos autores estão relacionados com o aumento da produtividade e a redução de desperdícios e trazem benefícios para as organizações.

A redução de custos apontada pelos autores Liu e Xu (2017); Hoffmann e Rüschi (2017); Saucedo. et al. (2017); Sanders, Elangeswaran e Wulfsberg (2016); Rojko (2017); Zhong et al. (2017) e Kang et al. (2016) é o principal impacto financeiro previsto pela Indústria 4.0 nas organizações.

O aumento da produtividade e eficiência é previsto por Li, Hou, e Wu (2017); Kang et al. (2016) e Kiel et al. (2017). No mesmo sentido, Roblek, Mesko e Krapez (2016) apontam economia de recursos expressivos com a utilização de sistemas que usam princípios de tecnologia da Indústria 4.0

#### 4.2.6.5 Impactos no capital humano

A Indústria 4.0 tem como uma das suas principais características a automação dos processos, e isso acaba impactando diretamente nas novas necessidades exigidas do capital humano para atender a novas demandas. O Quadro 25 ilustra os principais impactos da Indústria 4.0 no Capital Humano das organizações.

**Quadro 25 – Impactos no Capital Humano**

<b>Autor</b>	<b>Impacto</b>
Li, Hou e Wu (2017)	Maior necessidade de qualificação dos recursos humanos.
	Transferência de empregos qualificados dos países emergentes para países desenvolvidos.
	Criação de novas profissões, no entanto, e um número menos expressivo que em revoluções industriais anteriores.
Rojko (2017)	Maior flexibilidade e agradabilidade no ambiente de trabalho.
Zhong et al. (2017)	Maior integração entre capital humano e máquinas.
Beier et al. (2017)	Maior exigência de qualificação profissional.
	Maior expectativa de cortes de postos de trabalho.
Bauer et al. (2015)	Maior flexibilidade no trabalho.
	Maior exigência de qualificação profissional
Karre et al. (2017)	Mudança nas habilidades e qualificações exigidas do capital humano
	Maior complexidade das atividades diárias, com colaboração direta de máquinas.
Muller e Voigt (2018)	Maior capacidade de aprendizagem e satisfação no trabalho
	Substituição de mão de obra por máquinas
	Maior integração entre necessidades de treinamento com demandas da Indústria 4.0
Jabbour et al. (2018)	Mudanças no ambiente de trabalho
	Exigência de novas habilidades de mão de obra.

**Fonte: Dados de pesquisa**

Os impactos no capital humano das organizações revelam que a Indústria 4.0 irá trazer para uma nova realidade nas relações de trabalho, através de novas formas de interações entre humanos e máquinas, além de novas demandas e necessidades para a execução de atividades.

Citada por Li, Hou, e Wu (2017); Beier et al. (2017); Bauer et al. (2015); Karre et al. (2017) e Jabbour et al. (2018), a exigência de maior qualificação por

parte dos colaboradores das organizações para atender as demandas exigidas pela Indústria 4.0 é o principal impacto no capital humano.

Influenciada pela automação dos processos, Zhong et al. (2017) citam uma maior integração entre robôs e humanos. No mesmo sentido, Beier et al. (2017) apontam uma tendência de cortes de postos de trabalho.

O aumento na flexibilidade é apontado por Rojko (2017) e Bauer et al. (2015), em decorrência de inovações tecnológicas que eliminam a necessidade de atividades em locais e horários engessados.

As mudanças no padrão das atividades em decorrência do uso de novas tecnologias no ambiente de trabalho, aumentando a sua complexidade e a exigência de novas habilidades é apontada por Rojko (2017); Karre et al. (2017) e *Jabbour et al. (2018)*.

#### 4.2.6.6 Impactos na gestão

Os processos de gestão e produção nas organizações são afetados pelas tecnologias advindas com a Indústria 4.0. A integração é um ponto chave, o qual tanto os processos verticais quanto horizontais devem estar alinhados com intuito do melhor fluxo da cadeia de valor. O Quadro 26 dispõe dos principais impactos da Indústria 4.0 na Gestão das organizações.

**Quadro 26 – Impactos na Gestão**

<b>Autores</b>	<b>Impacto</b>
Li, Hou e Wu (2017)	Visão da organização passa a ser centrada no serviço, ao invés de centrada no produto.
Sommer (2015)	Maior flexibilidade de produção e novos modelos de negócios são impactos diretos da Indústria 4.0.
	Grandes empresas são mais preparadas para se adaptar as mudanças exigidas pela Indústria 4.0.
Sung (2018)	As tecnologias digitais influenciam a maneira como os produtos e serviços são projetados, produzidos e comercializados.
	O planejamento estratégico da organização deve estar alinhado com a Indústria 4.0.
Liu e Xu (2017)	Proporciona transparência dos processos de produção.
	Maior flexibilidade e adaptabilidade favorecendo a tomada de decisão em tempo real.
Hoffmann e Rüschi (2017)	Maior flexibilidade e monitoramento em tempo real.
	Otimização da cadeia de valor, favorecendo novos serviços e modelos de

	negócios.
	Necessidade de interoperabilidade dos dados.
	Maior individualização de produtos.
Saucedo et al. (2017)	Maior integração entre a cadeia de valor.
	Maior gerenciamento da informação.
	Impacto direto no planejamento e na gestão da produção.
	Novos modelos de negócios, processos de produção e tecnologias.
Sanders, Elangeswaran e Wulfsberg (2016)	Melhora no canal de comunicação com fornecedores.
	Análise de clientes e pesquisa de mercado mais intensivas.
	Redução no tempo destinado a ajustes nos processos.
	Melhora na qualidade de manutenção de máquinas influenciada pela melhora na comunicação entre homem e máquina.
	Maior confiabilidade dos produtos produzidos, consequência da melhor comunicação entre homem e máquina, rastreamento, integração e gerenciamento do processo.
	Feedback imediato das condições de produção viabilizada por tecnologias embarcadas.
Rojko (2017)	Redução no tempo para inserir novidades no mercado.
	Maior personalização da produção sem aumentar significativamente os custos.
Zhong et al. (2017)	Maior personalização dos produtos
Kang et al. (2016)	Maior atenção a interoperabilidade e desenvolvimento de tecnologias que visem a integração
Kiel et al. (2017)	Novos modelos de negócio, aumento na integração e volume de dados.
	Adaptação organizacional, integração e segurança cibernética são desafios consequentes da Indústria 4.0.
Yin, Stecke e Li (2017)	Maior flexibilidade e transparência na cadeia de suprimentos, porém maior volume de dados e exigência de disponibilidade em tempo real.
	Maior autonomia e maior variedade de produtos.
Muller, Kiel e Voigt (2018)	Melhoria no projeto de fabricação como consequência da maior integração entre o ciclo de vida do produto
Jabbour et al. (2018)	Maior alinhamento estratégico devido a tecnologias adotadas que melhoram a tomada de decisão.
	Maior integração ao longo da cadeia de suprimentos.
	Maior necessidade de transparência de informações.

**Fonte: Dados de pesquisa**

Novos modelos de negócio proporcionados pelas novas demandas e características da Indústria 4.0 revelam uma nova forma de gestão das organizações, provocando ganhos em toda a cadeia de valor.

Maior flexibilidade, citada por Sommer (2015); Liu e Xu (2017); Hoffmann e Rüsck (2017) e Yin, Stecke e Li (2017), juntamente com maior integração, citada pelos autores Saucedo et al. (2017); Sanders, Elangeswaran e Wulfsberg (2016);

Kiel et al. (2017) e Muller, Kiel e Voigt (2018) são os principais impactos positivos da Indústria 4.0 na gestão das organizações.

A individualização de produtos é apontada por Hoffmann e Rüsçh (2017); Rojko (2017); *Zhong et al. (2017)* e Yin, Stecke e Li (2017), e traz uma grande vantagem competitiva as organizações.

A necessidade de inserção de ações relacionadas a Indústria 4.0 no planejamento estratégico das organizações é indicada por Sung (2018); Kiel et al. (2017) e Jabbour et al. (2018).

Em relação aos impactos listados de uma maneira geral, as organizações precisam estar atentas no sentido de que as inovações tecnológicas as quais a Indústria 4.0 se baseia pode dar vantagem competitiva a essas organizações. Os diversos benefícios listados através dos impactos são boas razões para as organizações estarem atentas a essa nova onda tecnológica. O Quadro 27 traz uma visão geral sobre os impactos e suas principais vertentes.

**Quadro 27- Principais características dos impactos da Indústria 4.0 nas organizações**

<b>Impacto</b>	<b>Descrição</b>	<b>Principais características</b>
Tecnológicos	Impactos recorrentes da inserção das tecnologias nas organizações	Introdução de tecnologias (simulação, realidade aumentada), maiores volumes de dados e uma necessidade de infraestrutura maior para manipulação e armazenamento de dados, risco cibernético, aumento no uso de robôs, soluções autônomas
Relação com clientes	Impactos no relacionamento entre a organização e os seus clientes	Maior poder de customização do cliente e melhor relacionamento entre cliente e organização
Ambientais	Impactos relacionados aos resíduos ambientais e eficiência energética das organizações	Redução dos impactos ambientais (resíduos ambientais), maior eficiência energética, redução no uso de matéria prima, desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos e maior preocupação na escolha de tecnologias com viés sustentável
Econômicos	Impactos nas finanças e na produtividade das organizações	Redução de custos (manutenção, produção, logísticos, qualidade e complexidade), melhor produtividade e redução de desperdícios
Capital Humano	Impactos na mão de obra e no modo de trabalho das organizações	Maior exigência de qualificação, maior integração entre máquinas e humanos, maior flexibilidade no trabalho, maior complexidade nas tarefas, substituição de capital humano por máquinas, novas profissões
Gestão	Impactos no modo de gestão e produção nas organizações	Novos modelos de negócio, maior integração vertical e horizontal, maior personalização da produção, maior gerenciamento da informação, melhor comunicação e rastreamento do processo, otimização do tempo de produção e da cadeia de valor, maior alinhamento estratégico

**Fonte: Dados de Pesquisa**

Vale ressaltar que os impactos identificados não necessariamente ocorrerão em toda situação de Indústria 4.0 nas organizações. O objetivo da identificação é fornecer uma visão sobre o que esperar em uma organização voltada para a Indústria 4.0 e auxiliar no planejamento e no conhecimento a respeito da temática.



## 5 CONCLUSÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso abordou a Indústria 4.0 de maneira abrangente. A revisão de literatura apresentada teve como proposta dar uma visão geral do tema sobre vários aspectos, a qual apresentou definições e conceitos acerca da Indústria 4.0.

A Análise Bibliométrica indica que a Indústria 4.0 é um assunto que está ganhando cada vez mais importância na comunidade acadêmica, devido ao crescimento exponencial no número de publicações de artigos. Países como Alemanha, China e Itália detêm grande destaque no assunto e contam com centros de pesquisa com grande importância científica.

Autores chineses como *Li, D.; Wang, S* e *Wan J* aparecem como destaque entre os autores em relação ao número de publicações, assim como a *South China University of Technology*, da China, instituição o qual são afiliados.

A aplicação da *Methodi Ordinatio* para a formação do portfólio bibliográfico para Análise de Conteúdo se mostrou satisfatória, e foi essencial para todos os resultados encontrados nas análises posteriormente. O caráter multicritério permitiu a seleção de artigos atuais, relevantes e alinhados com o tema da pesquisa.

Com uma abordagem mais específica e com a notável contribuição do *Software NVivo 12*, a Análise de Conteúdo apresentou diversos resultados em relação a Indústria 4.0. As análises a respeito dos objetivos dos artigos, das definições de Indústria 4.0, da correlação com os pilares tecnológicos permitiu uma visão sistemática da temática. Termos como “manufatura”, “produção”, “indústria” e “dados” são de essencial conhecimento para o assunto, e estão presentes nos mais variados contextos da Indústria 4.0.

A Análise de Conteúdo também identificou os impactos da Indústria 4.0 nas organizações, os quais se manifestam em áreas diversas: impactos tecnológicos, impactos na relação com clientes, impactos ambientais, impactos econômicos, impactos no capital humano e impactos na gestão. As organizações precisam estar preparadas e atentas a esses impactos, a fim de se manterem competitivas no mercado. A maior parte dos impactos da Indústria 4.0 identificados neste trabalho são positivos, os quais irão agregar as organizações de forma benéfica. No entanto, as organizações precisam estar preparadas para os requisitos exigidos pela

Indústria 4.0, principalmente no que diz respeito a garantia de segurança dos dados e ao alinhamento estratégico da empresa com ações relacionadas a Indústria 4.0.

Com intuito de disseminar a temática na comunidade científica, este trabalho vem a contribuir com a falta de entendimento da comunidade acadêmica e principalmente das organizações em relação a Indústria 4.0. Como sugestões para estudos futuros, alinhar estudos de caso com os impactos e investigar o antes e o depois da Indústria 4.0 são linhas de estudo que vem a complementar este trabalho.

## **REFERÊNCIAS**

ANDRÉ, M. E. D. A. d. Texto, contexto e significados: algumas questões na análise de dados qualitativos. Cadernos de pesquisa, n. 45, p. 66-71, 2013.

ALMEIDA, H. Internet das Coisas: Tudo conectado. **Computação Brasil**, v. 25, p. 58, 2015.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G.. The internet of things: A survey. **Computer networks**, v. 54, n. 15, p. 2787-2805, 2010.

BAHETI, Radhakisan; GILL, Helen. Cyber-physical systems. **The impact of control technology**, v. 12, p. 161-166, 2011.

BARDIN, Laurance. Análise de conteúdo. 3. reimp. **Lisboa: Edições**, v. 70, 2011.

BAUER, Wilhelm et al. Transforming to a hyper-connected society and economy—towards an “Industry 4.0”. **Procedia Manufacturing**, v. 3, p. 417-424, 2015.

BAUR, Cornelius; WEE, Dominik. Manufacturing’s next act. **McKinsey Quarterly**, Jun, 2015.

BEIER, Grischa et al. Sustainability aspects of a digitalized industry—A comparative study from China and Germany. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, v. 4, n. 2, p. 227-234, 2017.

BERGER, R. Industry 4.0: The new industrial revolution—How Europe will succeed. **Roland Berger strategy consultants, maart**, 2014.

BRETTEL, M. How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. **International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering**, v. 8, n. 1, p. 37-44, 2014.

BUXMANN, Peter; HESS, Thomas; RUGGABER, Rainer. Internet of services. **Business & Information Systems Engineering**, v. 1, n. 5, p. 341, 2009.

CÂMARA, Rosana Hoffman. Análise de conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais aplicadas às organizações. **Gerais: Revista Interinstitucional de Psicologia**, v. 6, n. 2, p. 179-191, 2013.

CHIZZOTTI, Antonio. Pesquisa em ciências humanas e sociais. In: Pesquisa em ciências humanas e sociais. 1991.

CNI. Indústria 4.0. Sondagem especial. Brasília, n. 66, maio 2016. Disponível em: <[http://www.portaldaindustria.com.br/relacoesdotrabalho/media/publicacao/chamadas/SondEspecial\\_Industria4.0\\_Abril2016.pdf](http://www.portaldaindustria.com.br/relacoesdotrabalho/media/publicacao/chamadas/SondEspecial_Industria4.0_Abril2016.pdf)> Acesso em: 08 abr. 2018

COOK, Deborah J.; MULROW, Cynthia D.; HAYNES, R. Brian. Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions. **Annals of internal medicine**, v. 126, n. 5, p. 376-380, 1997.

CHUNG, Mihyun; KIM, Jaehyun. The Internet Information and Technology Research Directions based on the Fourth Industrial Revolution. **KSII Transactions on Internet & Information Systems**, v. 10, n. 3, 2016.

DALLASEGA, Patrick; RAUCH, Erwin; LINDER, Christian. Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review. **Computers in Industry**, v. 99, p. 205-225, 2018.

DE LIMA, Regina Célia Montenegro. Bibliometria: análise quantitativa da literatura como instrumento de administração em sistemas de informação. **Ciência da Informação**, v. 15, n. 2, 1986.

DRATH, Rainer; HORCH, Alexander. Industrie 4.0: Hit or hype?[industry forum]. **IEEE industrial electronics magazine**, v. 8, n. 2, p. 56-58, 2014.

FONSECA, João José Saraiva. Metodologia da Pesquisa Científica. 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

GILCHRIST, Alasdair. **Industry 4.0: the industrial internet of things**. Apress, 2016.

GÜNTHER, Hartmut. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão. **Psicologia: teoria e pesquisa**, v. 22, n. 2, p. 201-210, 2006.

HAGEL III, John et al. The future of Manufacturing-Making things in a changing world. **Deloitte Development LLC**, 2015.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: **System Sciences (HICSS), 2016 49th Hawaii International Conference on**. IEEE, 2016. p. 3928-3937.

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

HUANG, B. X., "Cyber Physical Systems: A survey," Presentation Report, Jun 2008.

JABBOUR, Ana Beatriz Lopes de Souza et al. When titans meet—Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 132, p. 18-25, 2018.

KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wolfgang; HELBIG, Johannes. Kagermann. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. 2013.

KANG, Hyoung Seok et al. 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.

KARRE, Hugo et al. Transition towards an Industry 4.0 state of the LeanLab at Graz University of Technology. **Procedia Manufacturing**, v. 9, p. 206-213, 2017.

KIEL, Daniel et al. Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. **International Journal of Innovation Management**, v. 21, n. 08, p. 1740015, 2017.

KOCH, Volkmar et al. Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet. **Strategy & PwC**, 2014.

KOPETZ, Hermann. Internet of things. In: **Real-time systems**. Springer, Boston, MA, 2011. p. 307-323.

KORTUEM, Gerd et al. Smart objects as building blocks for the internet of things. **IEEE Internet Computing**, v. 14, n. 1, p. 44-51, 2010.

KROGH, B. H., “**Cyber Physical Systems: the need for new models and design paradigms,**” Presentation Report, Carnegie Mellon University.

LEE, Edward A. Cyber physical systems: Design challenges. In: **Object oriented real-time distributed computing (isorc), 2008 11th ieee international symposium on.** IEEE, 2008. p. 363-369.

LEE, Jay; BAGHERI, Behrad; KAO, Hung-An. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, v. 3, p. 18-23, 2015.

LI, Guoping; HOU, Yun; WU, Aizhi. Fourth Industrial Revolution: technological drivers, impacts and coping methods. **Chinese Geographical Science**, v. 27, n. 4, p. 626-637, 2017.

LI, Shancang; DA XU, Li; ZHAO, Shanshan. The internet of things: a survey. **Information Systems Frontiers**, v. 17, n. 2, p. 243-259, 2015.

LIAO, Yongxin et al. Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 12, p. 3609-3629, 2017.

LIU, Yongkui; XU, Xun. Industry 4.0 and cloud manufacturing: A comparative analysis. **Journal of Manufacturing Science and Engineering**, v. 139, n. 3, p. 034701, 2017.

LUCKE, Dominik; CONSTANTINESCU, Carmen; WESTKÄMPER, Engelbert. Smart factory-a step towards the next generation of manufacturing. In: **Manufacturing systems and technologies for the new frontier.** Springer, London, 2008. p. 115-118.

MACDOUGALL, William. **Industrie 4.0: Smart manufacturing for the future.** Germany Trade & Invest, 2014.

MELL, Peter et al. The NIST definition of cloud computing. 2011.

MILLS, S. et al. DEMYSTIFYING BIG DATA: a practical guide to transforming the business of Government. **TechAmerica Foundation, Washington**, 2012.

MIORANDI, Daniele et al. Internet of things: Vision, applications and research challenges. **Ad hoc networks**, v. 10, n. 7, p. 1497-1516, 2012.

MOEUF, Alexandre et al. The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 3, p. 1118-1136, 2018.

MONOSTORI, László. Cyber-physical production systems: roots, expectations and R&D challenges. **Procedia Cirp**, v. 17, p. 9-13, 2014

MOZZATO, Anelise Rebelato; GRZYBOVSKI, Denize. Análise de conteúdo como técnica de análise de dados qualitativos no campo da administração: potencial e desafios. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 15, n. 4, p. 731-747, 2011.

MÜLLER, Julian Marius; KIEL, Daniel; VOIGT, Kai-Ingo. What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability. **Sustainability**, v. 10, n. 1, p. 247, 2018.

OESTERREICH, Thuy Duong; TEUTEBERG, Frank. 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.

PAGANI, Regina Negri; KOVALESKI, João Luiz; RESENDE, Luis Mauricio. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109-2135, 2015.

PIÑERO, José María Lopez. El análisis estadístico y sociométrico de la literatura científica. **Valencia: Centro de documentación e informática médica**, v. 197, p. 2007-2012, 1972.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico. **Novo Hamburgo: Feevale**, 2009.

NVivo for Windows 10. QSR Internacional. Disponível em: <<http://download.qsrinternational.com/Document/NVivo10/NVivo10-Getting-Started-Guide-Portuguese.pdf>> Acesso em: 28 abr. 2018

RADZIWON, Agnieszka et al. The smart factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. **Procedia Engineering**, v. 69, p. 1184-1190, 2014.

RAJKUMAR, Ragunathan Raj et al. Cyber-physical systems: the next computing revolution. In: **Proceedings of the 47th design automation conference**. ACM, 2010. p. 731-736.

SAMPAIO, R.F. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista brasileira de fisioterapia**, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007.

ROBLEK, Vasja; MEŠKO, Maja; KRAPEŽ, Alojz. A complex view of industry 4.0. **SAGE Open**, v. 6, n. 2, p. 2158244016653987, 2016.

ROJKO, Andreja. Industry 4.0 concept: background and overview. **International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)**, v. 11, n. 5, p. 77-90, 2017.

RÜßMANN, Michael et al. Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. **Boston Consulting Group**, v. 9, 2015.

SANDERS, Adam; ELANGESWARAN, Chola; WULFSBERG, Jens. 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.

SAUCEDO-MARTÍNEZ, Jania Astrid et al. Industry 4.0 framework for management and operations: a review. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, p. 1-13, 2017.

SINGH, Dhananjay; TRIPATHI, Gaurav; JARA, Antonio J. A survey of Internet-of-Things: Future vision, architecture, challenges and services. In: **Internet of things (WF-IoT), 2014 IEEE world forum on**. IEEE, 2014. p. 287-292.

SCHWAB, Klaus. **The fourth industrial revolution**. Crown Business, 2017.

SHI, Jianhua et al. A survey of cyber-physical systems. In: **Wireless Communications and Signal Processing (WCSP), 2011 International Conference on**. IEEE, 2011. p. 1-6.



SHROUF, Fadi; ORDIERES, Joaquin; MIRAGLIOTTA, Giovanni. Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. In: **Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2014 IEEE International Conference on**. IEEE, 2014. p. 697-701.

SOMMER, Lutz. Industrial revolution-industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution?. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 8, n. 5, p. 1512-1532, 2015.

SUNG, Tae Kyung. Industry 4.0: A Korea perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 132, p. 40-45, 2018.

TAN, Lu; WANG, Neng. Future internet: The internet of things. In: **Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 2010 3rd International Conference on**. IEEE, 2010. p. V5-376-V5-380.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

TREINTA, Fernanda Tavares et al. Metodologia de pesquisa bibliográfica com a utilização de método multicritério de apoio à decisão. **Production**, v. 24, n. 3, p. 508-520, 2014.

TUPA, Jiri; SIMOTA, Jan; STEINER, Frantisek. Aspects of risk management implementation for Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. 11, p. 1223-1230, 2017.

VENTURELLI, M. Indústria 4.0: uma visão da automação industrial. **Automação industrial**. Disponível em:< <http://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacaoindustrial>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

WANG, Shiyong et al. Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 12, n. 1, p. 3159805, 2016.

WANG, Shiyong et al. 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.

WANT, Roy. An introduction to RFID technology. **IEEE pervasive computing**, v. 5, n. 1, p. 25-33, 2006.

YIN, Yong; STECKE, Kathryn E.; LI, Dongni. The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 1-2, p. 848-861, 2018.

ZHONG, Ray Y. et al. Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. **Engineering**, v. 3, n. 5, p. 616-630, 2017.

ZHOU, Kelian; LIU, Taigang; ZHOU, Lifeng. Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. In: **Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 2015 12th International Conference on**. IEEE, 2015. p. 2147-2152.