

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA**

MURILO PORTO GONÇALVES

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NA ÁREA DE LOGÍSTICA

Joinville

2016

MURILO PORTO GONÇALVES

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NA ÁREA DE LOGÍSTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes e Logística no Curso de Engenharia de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Orientador: Dr. Pedro Paulo de Andrade Júnior

Joinville

2016

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NA ÁREA DE LOGÍSTICA

MURILO PORTO GONÇALVES

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado e aprovado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Transportes e Logística na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Logística

Joinville, 01 de dezembro de 2016.

Banca Examinadora:

Professor Dr. Pedro Paulo de Andrade Júnior
Orientador

Professora Dra. Elisete Santos da Silva Zagheni
Membro 1

Professora Dra. Simone Becker Lopes
Membro 2

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo primeiramente meus pais e minha irmã, que ao longo de todo curso não mediram esforços para que eu pudesse ter forças para terminar a faculdade, me incentivando nos momentos mais difíceis e se desdobrando para que eu pudesse ter uma vida com conforto, focando somente na faculdade.

Aos professores e servidores da UFSC, que passaram por diversas mudanças de nome e campus, assim como nós e, mesmo assim, continuaram demonstrando interesse em sempre ajudar os alunos e contribuindo imensamente para o desenvolvimento técnico e intelectual. Agradecimento, em especial, ao meu orientador Pedro Paulo, por acreditar no potencial desse trabalho, e que não mediu esforços para me passar confiança, ensinamentos e ler todo trabalho com tempo curto, principalmente me tranquilizando nos momentos de incerteza e ansiedade.

Às professoras Simone Lopes e Elisete Zagheni, por terem aceitado o convite de me avaliar. Ainda agradeço, em especial, a professora Elisete por ter me dado um grande suporte no fim no meu curso. E claro, à Luciana Reginato Dias, uma profissional incrível que esteve sempre à disposição para resolver meus problemas.

Não posso deixar de citar os amigos que esse curso me proporcionou, onde eu tenho certeza que eu vivi os melhores momentos da minha vida. Noites viradas, seja em estudo ou em festas, convivência 24 horas por dias, principalmente com todos que morei. Sem prioridade de nome, mas um agradecimento mais que especial à Família Rapeize, que me acolheu ao longo desses quase 7 anos de faculdade e, sem eles, eu não teria forças para completar essa caminhada. Também aos amigos da minha cidade por entenderem que estudar longe não é fácil e muitas vezes não podia estar presente. À minha grande amiga Louise Nascimento, que durante esse tempo tem sido meu ombro amigo e minha parceira nas loucuras da vida, e que não mediu esforços me incentivando para que esse trabalho fosse concluído.

Obrigado a todos pelo incentivo e compreensão e desculpa qualquer coisa.

“A única maneira de fazer um ótimo trabalho, é amando aquilo que se faz.”

Steve Jobs

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma metodologia que, por meio dos fundamentos da Indústria 4.0, possa auxiliar empresas que atuam na área de logística. Considerando a escassez de informações da Indústria 4.0 na área de logística, buscou-se dar clara compreensão de como as soluções desse novo conceito podem ser utilizadas e também como podem agregar valor às empresas da referida área. Este trabalho, através da metodologia bibliométrica *ProKnow-C*, bem como da pesquisa exploratória, conseguiu obter referências e informações hábeis a formar uma análise mais abrangente sobre o tema, possibilitando a criação de uma proposta de implementação da Indústria 4.0 na área de logística.

Palavras-chave: Metodologia. Logística. Indústria 4.0.

ABSTRACT

This work aims to develop a methodology that, through the foundations of Industria 4.0, can help companies that work in the logistics area. Considering the scarcity of industry 4.0 information in the logistics area, it was sought to give a clear understanding of how the solutions of this new concept can be used and also how they can add value in the companies of that area. This work, through the bibliometric methodology ProKnow-C, as well as an exploratory research, was able to obtain references and useful information to form a more comprehensive analysis on the subject, making possible the creation of a methodology of application of the Industry 4.0 in the area of logistics.

Keywords: Methodology. Logistics. Industry 4.0.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Fábrica da Siemens na planta de Amberg..... | 27 |
| Figura 2 Fábrica de Arburg | 28 |
| Figura 3 Sistema Kiva | 39 |
| Figura 4 Fábrica da B&R..... | 41 |
| Figura 5 Interior da Fábrica Toll Global..... | 42 |
| Figura 6 South-eastern Container | 43 |
| Figura 7 Etapas da Metodologia Aplicadas no Artigo | 46 |
| Figura 8 Eixo das palavras chave da pesquisa | 47 |
| Figura 9 Grau de relevância dos periódicos (IPP) no período de 1999 - 2015 | 52 |
| Figura 10 Número de publicações por nome do autor no período de 2013 - 2016... | 53 |
| Figura 11 Citação dos Periódicos no período de 2013 - 2016 | 54 |
| Figura 12 Países por número de publicações no período de 2013 - 2016 | 55 |
| Figura 13 Quantidade de documentos por área no período de 2013 – 2016. | 56 |
| Figura 14 Diagrama de aplicação da indústria 4.0..... | 60 |
| Figura 15 Tecnologias da indústria 4.0 na área de logística..... | 61 |
| Figura 16 Tag para RFID | 63 |
| Figura 17 Funcionamento RFID | 64 |
| Figura 18 Caminhos Mudança Organizacional | 69 |
| Figura 19 Cadeia de valor horizontal | 70 |
| Figura 20 Cadeia de valor vertical..... | 71 |
| Figura 21 Passos para o avanço digital | 73 |
| Figura 22 Visão Geral da Proposta | 75 |

LISTA DE TABELAS E QUADROS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 Junção das Palavras-Chave | 48 |
| Tabela 2 Número de citações pelo Google Acadêmico no período 2013 - 2016 | 54 |
| Quadro 1 Variáveis para metodologia segundo os autores..... | 57 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 Objetivos | 15 |
| 1.1.1. Objetivo Geral | 15 |
| 1.1.2. Objetivos Específicos | 15 |
| 1.1.3 Estrutura e etapas do trabalho | 15 |
| 2. Referencial teórico | 17 |
| 2.1 Indústria 4.0 | 17 |
| 2.1.1 Princípios da Indústria 4.0 | 18 |
| 2.1.2 Base da Indústria 4.0 | 19 |
| 2.2 Inovações tecnológicas na Indústria 4.0 | 21 |
| 2.2.1 Automação e Robótica | 22 |
| 2.2.2 Tecnologias de Informação e Comunicação. | 22 |
| 2.2.3 Modelagem e Simulação | 22 |
| 2.2.4 Internet Móvel | 23 |
| 2.2.5 Tecnologia Sustentável | 23 |
| 2.2.6 Materiais | 24 |
| 2.2.7 Sensores & Atuadores | 24 |
| 2.2.8 Computação em nuvem..... | 24 |
| 2.2.9 Big Data, IdC, IdS, 3DP e outras tecnologias | 25 |
| 2.3 Exemplos de aplicação da Indústria 4.0 | 26 |
| 2.4 Indústria 4.0 na área de logística | 29 |
| 2.4.1 O termo “Logística 4.0” | 31 |
| 2.4.2 A Evolução da Logística 4.0 | 32 |
| 2.4.3. Tecnologias da Indústria 4.0 para Logística | 33 |
| 2.4.3.1. RFID | 34 |
| 2.4.3.2. CPS | 35 |
| 2.4.3.3. Utilização da IoT da logística..... | 36 |
| 2.4.3.4 Utilização do IoS na logística | 37 |
| 2.4.4. Exemplos de aplicação da Logística 4.0 | 38 |
| 2.4.4.1 B&R | 39 |
| 2.4.4.2 Grupo Toll..... | 41 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4.4.3. South-eastern Container | 42 |
| 3. ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA | 44 |
| 3.1 Instrumento de intervenção para o desenvolvimento da pesquisa | 45 |
| 3.2 Seleção das palavras-chave | 46 |
| 3.3 Delimitações da pesquisa | 47 |
| 3.4 Busca na base de dados | 48 |
| 3.5 Análise das publicações quanto ao alinhamento com o tema de pesquisa | 49 |
| 3.6 Verificação do reconhecimento científico das publicações | 49 |
| 3.7. Análise das publicações quanto à leitura do resumo | 50 |
| 3.8 Reavaliação dos artigos menos citados | 50 |
| 3.9 Leitura integral dos artigos | 51 |
| 3.10 Apresentação dos resultados da pesquisa | 51 |
| 3.10.1. Mensurar o grau de relevância dos periódicos | 52 |
| 3.10.2. Mensurar o grau de relevância dos autores | 52 |
| 3.10.3. Mensurar o reconhecimento científico dos periódicos | 54 |
| 3.10.4. Evidenciar a ligação direta dos artigos com o tema. | 55 |
| 4. PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NA ÁREA DE LOGÍSTICA. | 59 |
| 4.1 Contextualização | 59 |
| 4.2 Implementação das tecnologias | 61 |
| 4.2.1 RFID | 62 |
| 4.2.2 Análise e coleta de dados | 65 |
| 4.2.3 CpS | 66 |
| 4.2.3 IoT | 66 |
| 4.3 Mudança organizacional | 68 |
| 4.3.1. Mudanças na Rede | 69 |
| 4.3.2 Caminho Estratégico | 72 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 77 |
| 5.1 Pesquisas Futuras | 78 |
| REFERÊNCIAS | 80 |

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos, a inovação tecnológica vem evoluindo constantemente. A velocidade com que essas inovações são introduzidas é fundamental para fomentar o desenvolvimento das empresas e obter vantagem competitiva sobre as outras. Com o mercado mais competitivo e globalizado, acaba-se exigindo melhores produtos, serviços, processos e eficiência. Por isso, elas se tornaram de suma importância para o mercado em que atuam, principalmente na área de logística.

As concentrações regionais de empresas e instituições apresentam vantagens fundamentais em uma economia global, que são progressivamente vinculadas aos aspectos regionais de relacionamento, conhecimento e motivação. Os aspectos regionais são vistos como fatores importantes no ponto de partida do desenvolvimento. As tecnologias possibilitam o aumento da competitividade, devido ao acesso de informações diferenciadas, melhora da produtividade, facilidade de acesso aos fornecedores e à mão-de-obra especializada, maior colaboração com instituições de apoio, crescimento de possibilidades da geração de inovação e maior facilidade para realizar benchmarking (PORTER, 1998).

A integração dessas características facilita a dinamização de qualquer indústria, o que possibilita ganhos para sociedade, bem como a aplicação do conhecimento e a busca pelo mesmo, sempre focando no desenvolvimento. (PORTER, 1999; NEUMANN & PRUSAK, 2007).

Desta forma, ao incrementar a dinamização dos processos com medidas estratégicas e de competitividade, as transformações da estrutura social tendem a fortalecer o desenvolvimento econômico e regional.

De acordo com Sáenz e Capote (2002, p. 69), a inovação tecnológica consiste no “processo pelo qual novos produtos, equipamentos, linha de produção e distribuição de bens e serviços, e métodos gerenciais se introduzem em nível macro na economia”. Igualmente, ressalta Oliveira (2003, p. 95), ao dizer que “o surgimento

constante de novas tecnologias torna-se conveniente repensar o produto ou o processo de produção e verificar se as necessidades dos clientes podem ser atendidas de uma forma mais plena e econômica”. Concluindo, o mais importante disso tudo é o valor dado pelos clientes aos produtos, razão pela qual é de imensa importância descobrir quais são as inovações que poderão ser adotadas para isso.

Em virtude disso, o aparecimento de novas tecnologias, também em razão da automatização (menos interferência humana no “chão de fábrica”), fez surgir a criação de um novo conceito e, então, foi lançado o termo: a Indústria 4.0:

A quarta revolução industrial foi descoberta pelo governo alemão, que introduziu o termo Indústria 4.0. Ela descreve o processo de fabricação computadorizada, onde a tecnologia está se fundindo com o mundo físico e digital. As máquinas e produtos serão interligadas e capazes de se comunicar sem interferência humana. Prevê-se que até 2020, 50 bilhões de dispositivos estarão conectados à Internet, o que mostra a importância e o progresso da quarta revolução. (HEBER, 2014, p. 19).

Diante disso, a “Indústria 4.0 concentra-se na criação de produtos inteligentes e processos de produção. No processo de fabricação, ter-se-á que lidar com a necessidade de desenvolvimento de produtos rápidos, produção flexível, bem como ambientes complexos.” (VYATKIN et al., 2007, p. 54).

“Dentro das fábricas do futuro, também consideradas fábricas inteligentes, a *Cyber-Physical-Systems* (CPS) irá permitir a comunicação entre os seres humanos, máquinas e produtos parecidos.” (EINSIEDLER, 2013, p. 15).

Como eles são capazes adquirir dados e processá-los, eles podem ter autocontrole de determinadas tarefas e interagir com os seres humanos por meio de interfaces. No ambiente de produção inteligente, produtos inteligentes e personalizados compreendem o conhecimento de seu processo de fabricação e a aplicação do consumidor, a fim de, assim, de conduzir de forma independente o seu caminho através da cadeia de suprimentos (WORKING GROUP, 2013, p. 3).

Fleury e Fleury (1997, p. 58) assevera que “nunca a tecnologia foi tão importante como nos tempos atuais; mesmo assim, ficou mais difícil estabelecer vantagem competitiva a partir de tecnologia apenas”. Em que pese não ser o principal fator competitivo das organizações, as inovações tecnológicas possuem grande relevância na competitividade do negócio e alteram fortemente as relações de trabalho. Segundo Gonçalves, Filho e Neto (2006), é responsabilidade das empresas achar a melhor maneira possível de lidar com essas tecnologias, a fim de

aumentar sua competitividade, mantendo boas relação de trabalho, na medida em que possam ser resultantes para atingir um efeito organizacional.

A inovação e o aprendizado são fortemente influenciados por contextos econômicos, sociais e políticos específicos, comumente considerados como processos dependentes de interações que ocorrem através de códigos comuns de comunicação e coordenação.

Atualmente, os esforços de pesquisa e desenvolvimento caminham para outros tipos de sistemas mais avançados, inteligentes e robotizados. A visão de que os processos de logística irão transformar a indústria que conhecemos atualmente exige novas perspectivas sobre os processos. São necessários esforços científicos respectivos para orientar os profissionais em seu desafio de transformação para processos logísticos de Indústria 4.0. (DE FARIAS FRAGA, 2016)

Os conceitos da Logística 4.0, termo usado para relacionar a Indústria 4.0 com a logística, podem ajudar os profissionais a reduzir a perda de ativos, gerar economia de custos de combustível, garantir estabilidade de temperatura, gerenciar estoque de armazém, ter uma visão do usuário e criar eficiência de frotas.

O maior desafio em escrever esse trabalho encontra-se na escassez de informações a respeito da Indústria 4.0 na área de logística. Assim, em virtude do exposto acima, sabendo que o futuro da logística se fortalece na Indústria 4.0, iniciou-se a iniciativa à composição de uma proposta de implementação com objetivo de aplicar a Indústria 4.0 na área de logística, facilitando, portanto, futuras pesquisas e aplicações nesta área. **Sendo assim, formulou-se o seguinte problema de pesquisa: como se configura uma proposta de implementação da Industria 4.0 na área de logística?**

1.1 Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

Desenvolver uma proposta de implementação da Indústria 4.0 na área de logística.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Esquematizar os dados obtidos por meio de pesquisa exploratória, com as propostas da Indústria 4.0, dando uma breve perspectiva sobre sua utilização;
- Realizar uma análise bibliométrica sobre a Indústria 4.0 na logística, visando identificar as variáveis dependentes e independentes da indústria 4.0 na logística.
- Categorizar as variáveis para compor a proposta de implementação da Indústria 4.0 na área de logística.

1.1.3 Estrutura e etapas do trabalho

Partindo dos objetivos do estudo, realizou-se uma pesquisa considerada como exploratória e descritiva, a qual visa proporcionar uma maior familiaridade com o problema e envolve um levantamento bibliográfico acerca dele, estimulando a compreensão. Por outro lado, a pesquisa considerada descritiva consiste em descrever as características de levantamento de dados e estabelecer relações entre as variáveis.

Inicialmente, a pesquisa foi delineada em quatro capítulos:

No primeiro capítulo da pesquisa, após realizar uma contextualização sobre tudo o que foi abordado no trabalho, deu-se início ao segundo capítulo. Neste, foi

feita uma pesquisa exploratória a fim de observar o desenvolvimento e criação da Indústria 4.0. Por meio disso, observou-se o que vem sendo desenvolvido por empresas pioneiras da Indústria 4.0 e quais tecnologias estão sendo usadas por elas na área de logística.

No terceiro capítulo, para formar o portfólio bibliográfico, a pesquisa utilizou o Instrumento *ProKnow-C* (Knowledge Development Process–Constructivist), proposto por Ensslin et al. (2010). Tal instrumento divide-se em duas fases de aplicação, sendo a primeira a seleção do banco de artigos bruto, e a segunda a filtragem do banco de artigos.

Tendo disponível essa seleção de banco de artigos e também utilizando pesquisas bibliográficas, foi possível observar o desenvolvimento da Indústria 4.0 dentro da área de logística, concluindo, portanto, o primeiro e segundo objetivos específicos deste trabalho.

No quarto capítulo, por meio de todo o material recolhido no referencial teórico e bibliométrico e, ainda, após observar o que vem sendo desenvolvido pelas empresas pioneiras, criou-se uma proposta de implementação da Indústria 4.0 na área de logística, a qual irá auxiliar a capacidade de inovação das empresas na área de logística, demonstrando quais tecnologias podem ser utilizadas em determinados campos, para que, assim, elas possam ter um bom embasamento teórico. Não obstante, através da pesquisa verificou-se, também, a importância da cadeia de suprimentos como base da logística, deixando-se como estratégia o que a Indústria 4.0 proporciona no sistema horizontal e vertical.

Portanto, após a realização dessas etapas, este trabalho expõe a conclusão que foi possível chegar por meio dessa pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Indústria 4.0

A tecnologia e a engenharia são assuntos diretamente interligados, na medida em que uma tem grande impacto sobre a outra, eis que ambas avançam no mesmo compasso. Neste sentido, discorre sobre o assunto Viera (2012), dizendo que a maior aceleração de resultados se verifica a partir do século 18 e da Revolução Industrial, com novidades na agricultura, na medicina, na biotecnologia, na instrumentação, na nanotecnologia, na energia nuclear, e novidades em tantas outras áreas do conhecimento.

Atualmente, o termo Indústria 4.0 possui ligação tanto quando se fala em inovação tecnológica, quanto no campo da automação. A partir de Sistemas Cyber-Físicos, Internet das Coisas e Internet dos Serviços, as linhas de produções se tornam cada vez mais eficientes e com um custo menor, englobando fábricas de alto potencial e proporcionando impactos nos mais diversos setores do mercado, bem como inúmeras mudanças, tendo em vista que os produtos serão manufaturados.

O termo Indústria 4.0 teve origem a partir de um projeto de estratégias do governo alemão voltado à tecnologia, sendo usado pela primeira vez na Feira de Hannover em 2011. Em outubro de 2012, foi apresentado um relatório de recomendações para o Governo Federal Alemão, a fim de planejar sua implantação. Então, em Abril de 2013 foi publicado na mesma feira um trabalho final sobre o desenvolvimento da Indústria 4.0.

De acordo com Silveira (2015), ela possui um fundamento básico que é a conexão de máquinas, sistemas e ativos, para que, assim, as empresas possam criar redes inteligentes ao longo de toda a cadeia de valor, podendo controlar os módulos da produção de forma autônoma. Em outras palavras, as fábricas inteligentes terão a capacidade e autonomia de agendar manutenções, prever falhas

nos processos e se adaptar aos requisitos e mudanças não planejadas na produção.

Esta nova visão se assenta na produção inteligente e flexível, por meio da conectividade entre a internet, uma rede de máquinas “inteligentes” e sistemas de produção avançados, da implementação de tecnologia avançada, controlada em tempo real, do incremento dos big data e dos robôs industriais, de uma maior conectividade entre os seres humanos, as máquinas e os sistemas digitais, e do incremento da eficiência energética (BLANCHET et al., 2014).

Assim, após sua origem na Alemanha, a Indústria 4.0 começou a ser explorada pelo mundo todo. Para aprimorar sua utilização, imprescindível descrever e compreender quais os princípios que a rege.

2.1.1 Princípios da Indústria 4.0

A Indústria 4.0 possui alguns princípios que norteiam sua aplicação. Silveira (2015) afirma que foram relacionados cinco deles, os quais são definidos a partir de sistemas de produção inteligentes que tendem a surgir ou que possam ser aperfeiçoados nos próximos anos. São eles:

- Capacidade de operação em tempo real: Aquisição e tratamento de dados de forma praticamente instantânea, permitindo a tomada de decisões em tempo real.
- Virtualização: Simulações já são utilizadas atualmente, assim como sistemas supervisórios. No entanto, propõe a existência de uma cópia virtual das fábricas inteligentes. Permitindo a rastreabilidade e monitoramento remoto de todos os processos por meio dos inúmeros sensores espalhados ao longo da planta.
- Descentralização: A tomada de decisões poderá ser feita pelo sistema cyber-físico de acordo com as necessidades da produção em tempo real. Além disso, as máquinas não apenas receberão comandos, mas poderão fornecer informações sobre seu ciclo de trabalho. Logo, os módulos da fábrica inteligente trabalharão de forma descentralizada a fim de aprimorar os

processos de produção, garantindo o funcionamento dos softwares envolvidos.

- Orientação a serviços: Utilização de arquiteturas de software orientadas a serviços aliados ao conceito de *Internet of Services*.
- Modularidade: Produção de acordo com a demanda, acoplamento e desacoplamento de módulos na produção, fornecendo flexibilidade para alterar as tarefas das máquinas facilmente.

Assim, demonstrou-se que a Indústria 4.0 tem como principal objetivo a não interferência humana, evitando, assim, qualquer negligência que esses pudessem vir a ter, bem como tornando as informações mais acessíveis e em tempo real. Portanto, através da utilização desses princípios norteadores, é possível criar a base da Indústria 4.0.

2.1.2 Base da Indústria 4.0

Antes de iniciar a abordagem a respeito da base da Indústria 4.0, Silveira (2015) ressalta um ponto que será importante na Quarta Revolução Industrial: o desenvolvimento no campo de segurança em tecnologia da informação, protegendo as informações de quem as usa, tendo, assim, uma maior confiabilidade da produção e interação máquina-máquina. A tecnologia deverá se desenvolver continuamente para tornar viável a adaptação de empresas a este novo padrão de indústria que está surgindo.

Para uma melhor utilização dessa tecnologia, os profissionais também precisam evoluir. A implementação dessa tecnologia acarretará a substituição de trabalhos manuais e repetitivos, e a mão de obra no chão de fábrica vai ser extinta. Entretanto, se os profissionais conseguirem manter uma formação multidisciplinar e atualizada, conseguirão se adaptar e ter seu espaço em uma fábrica inteligente.

A Indústria 4.0 é uma realidade que se torna possível devido aos avanços tecnológicos da última década, aliados às tecnologias em desenvolvimento nos campos de tecnologia da informação e engenharia. Portanto, a base da Indústria 4.0

repousa em suas tecnologias, dentre as quais, para Silveira (2015), as mais relevantes são:

- Internet das coisas (*Internet of Things – IoT*): Consiste na conexão em rede de objetos físicos, ambientes, veículos e máquinas por meio de dispositivos eletrônicos embarcados que permitem a coleta e troca de dados. Sistemas que funcionam a base da Internet das Coisas e são dotados de sensores e atuadores são denominados de sistemas Cyber-físicos, que são a base da Indústria 4.0.
- *Big Data Analytics*: São estruturas de dados muito extensas e complexas que utilizam novas abordagens para a captura, análise e gerenciamento de informações. Aplicada à Indústria 4.0, a tecnologia de *Big Data* consiste em 6Cs para lidar com informações relevantes: Conexão (à rede industrial, sensores e CLPs), *Cloud* (nuvem/dados por demanda), Cyber (modelo e memória), Conteúdo, Comunidade (compartilhamento das informações) e Customização (personalização e valores).
- Segurança: Um dos principais desafios para o sucesso da Quarta Revolução Industrial está na segurança e robustez dos sistemas de informação. Problemas como falhas de transmissão na comunicação máquina-máquina, ou até mesmo eventuais “engasgos” do sistema podem causar transtornos na produção. Com toda essa conectividade, também serão necessários sistemas que protejam o *know-how* da companhia, contido nos arquivos de controle dos processos.
- Impressão 3D: Também conhecida como prototipagem rápida, é uma forma de tecnologia de fabricação aditiva onde um modelo tridimensional é criado por sucessivas camadas de material. São geralmente mais rápidas, mais poderosas e mais fáceis de se usar do que outras tecnologias de fabricação aditiva. Oferecem aos desenvolvedores de produtos a habilidade de, num simples processo, imprimirem partes de alguns materiais com diferentes propriedades físicas e mecânicas.

Importante ressaltar que, além das tecnologias apresentadas acima, a Indústria 4.0 não se limita apenas a estas. Assim, por meio das tecnologias indicadas, é possível visualizar como a Indústria 4.0 forma a sua base. Então, após a construção dessa base, torna-se possível expandir sua tecnologia, gerando, assim, inovações tecnológicas em diversas áreas.

2.2 Inovações tecnológicas na Indústria 4.0

A busca contínua por inovações tecnológicas e novos parâmetros de gestão geram um produto de melhor qualidade e menor custo, o que vem sendo constantemente visado, pois acarreta maior satisfação ao cliente.

Segundo Laureth (2014), a Indústria 4.0 está estruturada em sistemas de produção que utilizam o que há de mais moderno em automação e sistemas inteligentes de comunicação. Ela se caracteriza por uma fábrica inteligente de alta complexidade tecnológica, em que as máquinas, os produtos, os insumos e clientes estão conectados pela comunicação de dados para monitoramento e tomada de decisão.

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

Os princípios norteadores da Indústria 4.0, através da união de sistemas materiais e informacionais pelas tecnologias de informação e comunicação, sensores, atuadores e controladores e, ainda, pela Internet das Coisas, levam a transformar tudo aquilo que está presente e é produzido na rede, em informação. Razão pela qual salienta-se a importância dada às tecnologias ubíquas (que podem ser encontradas em todo e qualquer lugar). Baseando-se em publicações de revistas científicas, bem como em estudos internacionais de relevância, serão analisadas

nove áreas de conhecimento tecnológico, cada qual com sua característica de maior importância, enfatizando-as no decorrer da pesquisa.

2.2.1 Automação e Robótica

A automação e robótica envolve desde simples operações de transporte até robôs multieixos, com sistemas de visão integrados e capacidade de adaptação em tempo real. Tal procedimento avançou consideravelmente nos últimos anos, em razão da diminuição dos custos de produção e da frequência dos seres humanos em locais inapropriados para trabalhar, sejam eles inóspitos ou nocivos à saúde, razão pela qual vem ganhando mais espaço no mercado (FORESIGHT, 2013).

O treinamento para capacitação de utilização das máquinas terá relevante importância na formação de estratégias de mercado, mas utilizarão uma mão de obra de baixa qualificação. Por fim, o avanço da automação e robótica tornará as operações rotineiras do mercado atual obsoletas.

2.2.2 Tecnologias de Informação e Comunicação.

Para Foresight (2013) as tecnologias de informação e comunicação serão utilizadas com o objetivo de integrar a produção a todas as atividades necessárias a agregar valor ao produto visando atingir o consumidor. Tomando por base os princípios da Indústria 4.0, as formas de organização de trabalho e os modelos de negócio, o conceito respalda-se na incorporação dos sistemas ciber-físicos na produção e na logística. Assim, utilizando novos materiais e máquinas generalistas, a produção torna-se cada vez mais rápida, aproximando-se do consumidor final.

2.2.3 Modelagem e Simulação

Os processos de modelagem e simulação são, atualmente, extremamente importantes no que tange ao comércio pela Internet, ramo que vem se

desenvolvendo com mais força no mercado atual. Serão eles os responsáveis por fazer com que os produtos, na esfera virtual, aproximem-se mais da realidade. (FORESIGHT, 2013).

Além disso, trata-se de um sistema de investimento alto, tendo baixa tolerância com erros. Assim, o emprego da modelagem e simulação tem explorado novos caminhos de comunicação com os consumidores e suas respectivas redes sociais.

2.2.4 Internet Móvel

Smartphones ou dispositivos semelhantes tornar-se-ão onipresentes, isto é, estarão conectados em rede em todos os lugares. No transporte e logística tornar-se-á um instrumento de grande repercussão, tendo em vista que poderá ser utilizado para gerenciar cadeias de suprimento, ativos diversos e cuidar da manutenção e produção de bens e serviços. Ademais, serão aplicados em grande escala no ramo da comunicação, podendo ser, até mesmo, nas redes sociais, estabelecendo uma conexão entre o consumidor e o fabricante e/ou marca. Por fim, o seu emprego facilitará a co-criação e a difusão de ideias em rede. Moraes (2016) ainda afirma que, a partir disso, irá gerar uma grande convergência entre as discussões sobre a internet industrial e a telecomunicação móvel de quinta geração (5G).

2.2.5 Tecnologia Sustentável

No âmbito da competitividade, De Brito (2010) dia que a utilização de tecnologia sustentável – redução de água e energia, atenuação de rejeitos e desperdícios, produção de tecnologias com energia limpa, produtos de alto desempenho ambiental – será essencial para ganhar destaque no mercado.

Outrossim, a reciclagem é processo fundamental no desenvolvimento das empresas, mas encontram obstáculos significativos para sua aplicação. Desta forma, com o intuito de combater a isso, bem como de introduzir essa tecnologia sustentável, o emprego de sistemas quantitativos de mensuração de impactos

ambientais é fator elementar para a governança da cadeia de valor sustentável.

2.2.6 Materiais

Fator importante na produção de uma empresa é o tipo de material que ela utiliza, pois ele, muitas vezes, vem sendo grande barreira para uma produção mais rápida e eficaz, tendo em vista que estão limitando os procedimentos em função de sua matéria-prima.

O desenvolvimento de novos materiais - nanopartículas, compósitos leves, nanotubos de carbono e biomateriais - pode fazer com que as etapas produtivas sejam unificadas, ou seja, permitindo que não haja mais uma divisão técnica do trabalho e da produção de acordo com a matéria-prima utilizada. Portanto, a aplicação de tecnologias voltadas aos novos materiais reduziria tempo e produziria economia de larga escala.(ADAMIAN et al., 2010).

2.2.7 Sensores & Atuadores

Essa nova revolução tem por objetivo integrar produtos aos processos e à Internet através de sensores em redes. Segundo Dickens et al (2013) sensores são conversores que medem quantidades físicas e as convertem em sinais que podem ser lidos por um observador ou por um instrumento eletrônico. Assim, novos serviços podem ser criados: gestão autônoma de estoque pelo sistema e o autodiagnóstico de defeitos. Esse fluxo de dados de serviços, além de diminuir as falhas, também pode diminuir o consumo de energia.

2.2.8 Computação em nuvem

A computação em nuvem veio para permitir que empresas possam fazer uso da tecnologia de informação e comunicação (TIC) sem ter profissionais especializados. A nuvem consiste em máquinas virtuais *on-demand* acopladas a

serviços de software capazes de entregar ampla gama de serviços de maneira confiável e segura para múltiplos dispositivos, garantindo a computação móvel (DICKENS et al, 2013).Ademais, possui vários serviços, tais como: Inteligência de negócios, *e-commerce*, computação social e móvel e Big-data. Por fim, na logística, pode envolver toda a parte da cadeia de suprimento (indústria, fabricantes e consumidores).

2.2.9 Big Data, IdC, IdS, 3DP e outras tecnologias

Diversas tecnologias já foram citadas, como Big data, internet das coisas e serviços e impressão 3D. A Big Data, ou seja, capacidade de armazenamento e tratamento de um volume muito grande de informações, tem por dever mínimo otimizar a produção e os ciclos do produto, assim como diminuir o uso de recursos. Hermann et al (2015) diz que sua enorme base de dados é capaz de incluir desde conversas *online* sobre uma marca ou produto até dados em tempo real coletados de máquinas-ferramentas e robôs, o que deverá se tornar essencial tanto para a manufatura quanto para todo o seu transporte.

Sensores integrados a novos produtos permitem a criação da Internet das Coisas (IdC) ou, como falado anteriormente, IoT (Internet of Things). IdC é um ecossistema com bilhões de dispositivos, pelo qual sensores de radiofrequência, atuadores e celulares interagem entre si e cooperam com componentes e dispositivos vizinhos para atingirem objetivos comuns (FORESIGHT, 2013).

Por outro lado, a sua companheira Internet dos Serviços (IoS), fundada na Alemanha, pelo projeto *Smart Face*, permite que clientes possam ser atendidos pela internet, tendo em vista que possuem múltiplos canais que oferecem diferentes serviços nas mais diversas áreas, essa ideia foi fundada na Alemanha, pelo projeto Smart Face. O desenvolvimento da IdC e da IdS cria redes de recursos, informação, pessoas e objetos. Na dimensão industrial, esta evolução tecnológica é conhecida como o quarto estágio da industrialização, ou Indústria 4.0. (DEUTSCH BANK, 2014).

Atualmente, têm-se o campo de interação homem-máquina, sendo o ser humano o responsável pela entrada de dados, os quais são mediados por um

software em um computador. Futuramente, as máquinas já serão capazes de realizar essa mediação autonomamente, ou seja, os comandos dos seres humanos serão dados diretamente pelo seu pensamento, mediante ondas cerebrais, com o apoio de telas 3D com imagens 3D, do Big Data e dos sistemas de sensoriamento e de simulação. A incorporação nas máquinas de tecnologias que as fazem entender as linguagens e vozes humanas tem se mostrado rápida e eficiente, como se pode observar nos serviços Siri da Apple e do Google Now. Dentre o processo de desenvolvimento para que isso ocorra, estão inclusas: (a) mimetização de sistemas biológicos para adaptação autônoma ao ambiente; (b) computação robusta para eliminação de falhas; (c) capacidade de aprendizagem biológica; (d) capacidade de atuação em jogos complexos; (e) processamento natural de linguagem; (f) computação evolucionária capaz de superar os sistemas projetados pelo homem. (DEUTSCH BANK, 2014).

Portanto, mostrou-se que as tecnologias da Indústria 4.0 podem ter diversas ramificações. No âmbito de inovação tecnológica, inclusive, a diversidade de atuação é imensurável. Ainda, restou comprovado que várias empresas já vêm utilizando tais tecnologias. Então, após essa exposição, é preciso esclarecer, mais especificamente, exemplos concretos que surgiram através da aplicação dessas tecnologias na Indústria 4.0.

2.3 Exemplos de aplicação da Indústria 4.0

Cumprido, agora, apresentar exemplos concretos de aplicação da Indústria 4.0 no âmbito industrial.

Dois exemplos da Indústria 4.0 podem ser vistos na Siemens, nas plantas de Amberg (Alemanha) e Chengdu (China). São mais de 1000 produtos diferentes sendo produzidos em cada planta, as quais utilizam os softwares de última geração. Todos os produtos são conectados através de um sistema de ERP (Enterprise Resource Planning) ou, em português, Planejamento dos Recursos da Empresa, o qual consiste num sistema de informática responsável por cuidar de todas as operações diárias de uma empresa, desde o faturamento, até o balanço contábil de

compras a fluxo de caixa, de apuração de impostos a administração de pessoas, de inventário de estoque a ponto dos funcionários e controle do maquinário da fábrica, enfim, todo o trabalho administrativo e operacional feito por uma empresa. O uso dessa ferramenta tem trazido uma melhora significativa na qualidade – uma redução de 550 para 12 nos defeitos encontrados – nos últimos 20 anos. A produção foi sendo melhorada diversas vezes no mesmo período, enquanto o número de funcionários permaneceu praticamente o mesmo, expondo, assim a utilização da tecnologia.

Figura 1 Fábrica da Siemens na planta de Amberg



Fonte: (Siemens, 2014)

A Figura 1 mostra a planta da Siemens localizada em Amberg, a qual possui a mesma tecnologia utilizada em Chengdu.

Outro exemplo pode ser a Arbug, empresa Alemã de construção de robôs, a qual conseguiu implementar a utilização de pequenos e médios robôs. Foram implementadas as soluções da Indústria 4.0 na sua indústria localizada em Lossburg, Alemanha.

O processo começa na fase de criação do produto, em uma estação produção de protótipos em uma moduladora, cujo processo é de fabricação aditiva. A ordem segue: entra no sistema e os interruptores de luz são produzidos em uma máquina polivamente de moldagem por injeção. A célula de produção automatizada incorpora um processo de rotulação do laser com uma matriz de dados de código (DM) e um passo de controle de qualidade. A moduladora transforma a parte moldada por injeção em uma peça única, através da aplicação de um identificador individual durante um processo aditivo. Finalmente, o produto final é empacotado e impresso com um código de barra que pode ser facilmente escaneado, chamado QR (Quick Response).

O código individual permite que sejam enviados em tempo real os parâmetros de processo e qualidade de cada peça moldada. O sistema de computador de ARBURG (ALS) tem uma enorme importância, pois grava todos os parâmetros e envia para um servidor.

Figura 2 Fábrica de Arburg



Fonte: (Wissen, 2014)

Logo, esses são apenas dois exemplos concretos de aplicação da Indústria 4.0. Assim, foi possível descrever o papel da Indústria 4.0, bem como demonstrar suas principais tecnologias e utilização. Sendo assim, por a logística ser o cerne desse trabalho, apresentar-se-á o papel da Indústria 4.0 na área de logística.

2.4 Indústria 4.0 na área de logística

Além do impacto que a Indústria 4.0 possui em diversos ramos do mercado, também possui considerável relevância na área de logística.

Segundo Nazário (1999), o fluxo de informações é um elemento de grande importância nas operações logísticas. Pedidos de clientes e de ressuprimento, necessidades de estoque, movimentações nos armazéns, documentação de transporte e faturas são algumas das formas mais comuns de informações logísticas.

Moura (2006) também ressalta que nos dias atuais, a chave para o sucesso pode estar na logística e na sua possível capacidade de reduzir custos e tempo de resposta, isto é, tudo em função de melhorar o serviço ao cliente. Ainda, coloca que no contexto competitivo possui vantagem e tendência a ganhar preferência do cliente: a) quem chegar primeiro ao mercado; b) quem for mais célere a dar informações; c) quem servir melhor; d) quem entender melhor as necessidades e expectativa dos clientes.

Conforme Nazário (In Fleury et al, 2000), um dos principais pilares da logística moderna é o conceito de logística integrada, fazendo com que as atividades e funções logísticas deixem de ser isoladas e passem a ser percebidas como um componente operacional da estratégia de marketing.

Para Ribeiro (2002), na relação Transporte e Serviço ao Cliente, o primeiro é extremamente influente no desempenho do segundo, devido às exigências de pontualidade do serviço, tempo de viagem, capacidade de prover um serviço porta a porta, à flexibilidade para o manuseio de vários tipos de cargas, gerenciamento dos riscos quanto a roubos, danos e avarias e à capacidade de o transportador oferecer mais que um serviço básico de transporte, tornando-se capaz de executar outras funções logísticas.

Inovação tecnológica, competitividade e logística são palavras interligadas, tendo em vista que, à medida que novas tecnologias são criadas, a competitividade aumenta. Na área de logística não é diferente. Os números mostram que empresas que se atualizaram tiveram um melhor desempenho e maior lucro em um lapso

temporal mais curto. Portanto, cabe aos gestores manterem suas empresas sempre atualizadas. Aliás, é evidente que toda e qualquer mudança é difícil de se executar, mas há de se entender que, em se tratando de inovação, fala-se de um termo novo, que veio para aumentar a eficiência de um processo produtivo ou, ainda, a criação de um novo recurso ou produto.

Apesar da grande maioria achar que se trata apenas de uma tendência, já está sendo realizado o desenvolvimento de aplicativos para a “Internet das Coisas – IoT”, significando, portanto, que a complexidade das redes que integram fornecedores, manufatura e clientes já está crescendo em grande escala, deixando uma variedade de profissionais alienados deste processo de desenvolvimento.

Tal complexidade, não alcançada por muitos atualmente, inclui sistemas de otimização, monitoramento, simulação e etc., hoje, ainda está limitada aos projetos ou, ainda, às fábricas e armazéns. Em se tratando do cenário da Indústria 4.0, porém, tais limites serão ampliados para os da cadeia de suprimentos e acontecerá, provavelmente, mais uma revolução: a Integração Total

Segundo a revista IMAM, em seu artigo Industry 4.0 (2015), atualmente, há um elevado número de desenvolvedores de sistemas e aplicativos para as mais diferentes demandas da cadeia de suprimentos, como: planejamento, de compras, suprimentos, design, sistemas de otimização, roteirização e entrega, possuindo uma variedade de soluções responsáveis pelos “ótimos” locais. Contratempos vivenciados no mundo não virtual, isto é, real, também começam a ser vivenciados no plano digital da Indústria 4.0, tendo a padronização da informação e comunicação como um de seus principais desafios.

Não obstante, há infinitas fontes de dados fornecendo uma base repleta de informações sobre os diferentes aspectos de uma fábrica. A vantagem competitiva adquirida pelas empresas se dá, primordialmente, em razão das modernas tecnologias da informação e desenvolvimento de profissionais com visão sistêmica e analítica, pois dão origem a uma potencialização nos resultados do Big Data, Cloud Computing etc.

Considerando os benefícios que a Indústria 4.0 pode trazer, o quanto a área da logística pode se beneficiar e, ainda, a importância que possui em qualquer ramo de atuação no mercado, foi criado um novo termo chamado Logística 4.0.

2.4.1 O termo “Logística 4.0”

A Revolução Industrial tem mostrado uma evolução durante o passar do tempo. Pode-se dividir essas mudanças da indústria em três períodos. Muitas vezes essas mudanças podem ter ocorrido repentinamente e outras vezes implementadas com um certo período de tempo de trabalho, pois nem sempre esses novos conceitos de trabalho foram aceitos. Uma ordem cronológica das Revoluções Industriais e da logística (1.0, 2.0, 3.0 e 4.0) vem sendo projetada.

As primeiras três Revoluções Industriais vieram como resultado de uma introdução da mecanização, eletricidade e tecnologia da informação. Hodiernamente, a introdução da internet das coisas e serviços dentro do desenvolvimento industrial desencadeou a Quarta Revolução Industrial com a visão de “tudo está conectado com todas as outras coisas” (WORKING GROUP, 2013).

A demanda por produtos e serviços altamente individualizados continua crescendo. Portanto, os processos da cadeia de suprimentos (logística de importação e exportação) têm que se adaptar a estas mudanças no mercado de trabalho, uma vez que, devido ao aumento da complexidade, não podem ser tratados com um plano comum e práticas de controle (PREMM & KIRN, 2015).

O estado da arte da Logística 4.0 foi um termo criado para relacionar o uso da Indústria 4.0 na área de logística, o qual baseia-se no uso do sistema Cyber-Physical, que monitora e controla os processos físicos, normalmente com retornos onde esses processos afetam as computações e vice-versa. Esse sistema Cyber-Physical usa a tecnologia RFID (Identificação por Frequência de Rádio) com o objetivo de identificar, sentir e localizar o objeto, e enviar os dados para um computador que consegue coletar e analisar a informação relevante. Esses sistemas são capazes de se comunicar com outros sistemas ou com humanos usando a internet como meio de comunicação e, assim, os dados poderão ser compartilhados ao vivo e os processos poderão ser coordenados (HERMAN et al., 2015).

Muitas empresas de transporte e logística estão utilizando o sistema RFID nos dias de hoje, para atingir uma precisão de aproximadamente 100% na remessa, recebimento e pedidos, precisão de 99,5% de invenção e 30% mais rapidez no procedimento de pedido e custos de redução de trabalho. O sistema RFID promove uma visibilidade entre a cadeia de suprimentos, uma vez que é uma forma automatizada de saber o que você tem e onde está. Atualmente, os sistemas RFID são usados para o gerenciamento e rastreamento dos ativos e das remessas, armazém e gerenciamento de distribuição e gerenciamento do pátio, usando a internet com o intuito de conectar sistemas através de toda a cadeia de suprimentos e a troca em tempo real (MOTOROLA, 2014).

À vista do exposto, é possível concluir que a terminologia “Logística 4.0” surgiu a partir de uma cadeia de processos evolutivos, cujo entendimento auxilia a compreender seu desenvolvimento e sua viável aplicação.

2.4.2 A Evolução da Logística 4.0

A Indústria 4.0 vem sendo comparada com o processo de desestruturação da produção, como aconteceu com as revoluções industriais ao longo dos anos. Nenhuma delas foi iniciada por uma única tecnologia, mas pela interação de inúmeros avanços tecnológicos, cujo efeitos criaram um novo modo de produção (SCHMIDT et al., 2015).

Este novo paradigma na fabricação é o resultado do uso da Internet, o qual permite a comunicação cada vez mais avançada e em tempo real entre máquinas e seres humanos. A utilização do que é conhecido como "produtos inteligentes e serviços inteligentes", bem como a digitalização avançada dentro das fábricas, tem-se o futuro da produção, chamado de "fábrica inteligente", que permitirá conectar todos os elementos em um processo de fabricação e tornará possível a aplicação de conceitos como a adaptabilidade, a interconectividade, eficiência e ergonomia. (LASI et al., 2014).

Em relação à Logística 4.0, pode-se dizer que é o progresso da "economia de trabalho e padronização pela evolução da Internet das Coisas". Tecnologias como robôs de armazém e de condução automática estão tentando substituir os processos que não necessitam de operação e determinação do trabalho humano. Assim, o objetivo é o equilíbrio perfeito entre a automação e a mecanização. Para implementar essas novas tecnologias que tendem a transformar as fábricas atuais em "fábricas inteligentes", faz-se necessário um grande período de tempo, um grande investimento e um treinamento especial, mas sem dúvida ele irá ter retornos, como a melhoria e o abatimento do custo envolvendo a logística e, conseqüentemente, ganhando economia de tempo.

Equipamentos de logística, como depósitos automáticos e classificação automática já existem, mas a sua gama de propagação é restrita, uma vez que torna-se um sistema limitado. O objetivo é introduzir uma nova tecnologia que exerça o trabalho do manuseio e economize tempo no transporte. Para isso, faz-se necessário introduzir quais são as tecnologias pertencentes à Logística 4.0 e como elas funcionam nesse meio.

2.4.3. Tecnologias da Indústria 4.0 para Logística

A base desta evolução 4.0 é a Internet das coisas (IoT), a qual permite conectar todas as funções e compartilhar informações em tempo real, otimizando os processos logísticos. Pode-se dizer que a Indústria 4.0 é a padronização de infraestruturas logísticas.

Por exemplo, a Bosch introduziu um acompanhamento virtual para compartilhar informações sobre a produção, distribuição e comercialização de parceiros da empresa, usando as etiquetas RFID, que automatizam o gerenciamento de dados dos bens recebidos e otimizam o estoque. Desse modo, permite a avaliação flexível do planejamento de produção e logística em resposta às mudanças na oferta, ambiente de transporte e flutuações da demanda. Se várias empresas utilizarem este sistema, poderão ser compartilhados dados em tempo real,

assim reduzir as diferenças entre empresas e indústrias. (WORKING GROUP, 2013).

Além disso, a DHL, que é um fornecedor Agheera (fornecedor logístico independente inovador), desenvolveu uma gestão integrada que pode abrir uma base de dados de plataforma da empresa de logística. Esta plataforma tem sido ligada a uma pluralidade de empresas de logística do sistema de dados pela qual o remetente é capaz de acessar o site da Agheera e ter as informações necessárias em tempo real.

Portanto, as futuras fábricas inteligentes irão funcionar como um "cérebro enorme", compartilhando informações em tempo real entre todas as partes interessadas em fazer os processos de logística otimizados e transparentes. Com este uso da Internet das Coisas em logística, será necessário o desenvolvimento de um bom sistema de segurança para garantir que os dados sejam protegidos e que estarão no momento e lugar certos. Em seguida, serão exemplificadas as principais tecnologias da Logística 4.0.

2.4.3.1. RFID

O sistema RFID (Identificação por Rádio Frequência) pode ser utilizado para identificar objetos logísticos. O procedimento funciona assim: são colocadas "tags" nos objetos/produtos, e quando eles passam pelo leitor dessas tags, estes são capazes de identificar qual produto ou objeto está passando e, assim, enviar informações do produto, através de ondas de rádio, as quais são encaminhadas para o computador que irá processar os dados recebidos.

O RFID é uma tecnologia muito importante para essa nova revolução, em virtude de ter uma grande amplitude de aplicações, principalmente na cadeia de suprimentos. Ela oferece uma maneira conveniente de identificar os objetos no "tempo e lugar certos". (UCKELMANN, 2008).

Assim, os benefícios de usar essa tecnologia são de reduzir o custo do trabalho, simplificar o modelo de negócio, e principalmente, reduzir as imprecisões de inventário, bem como obter uma maior transparência nos processos de logística.

2.4.3.2. CPS

CPS (Sistemas Ciber-Físicos) são sistemas automatizados que permitem conectar as operações da realidade física com as estruturas computadorizadas e de comunicação. Esses sistemas consistem numa unidade de controle, normalmente um ou mais microcontroladores, que controlam os sensores e atuadores que interagem com o meio ambiente, onde os dados do processo são obtidos. Eles precisam trocar dados com outros CPS, requerendo uma comunicação interfacial. Portanto, CPS é um sistema capaz de receber e enviar dados através de uma rede. (WORKING GROUP, 2013).

Os CPS promovem a função de condição direta para o sistema de logística. A condição para os bens é essencial em vários campos, como por exemplo na logística de cadeia fria e comida fresca.

CPS é composto por dois componentes funcionais principais:

- A conectividade avançada que assegura a aquisição de dados em tempo real do mundo físico e um retorno do mundo computacional (RFID).
- Gestão de dados inteligente, análise e capacidade computacional que constrói o mundo cyber (software).

Adquirir dados precisos e confiáveis através das máquinas e seus componentes é o primeiro passo para o desenvolvimento do CPS. Esses dados podem ser medidos por sensores e obtidos por controles ou sistemas manufaturados empreendidos, como ERP, MES (Manufacturing Execution System), SCM (Supply Chain Management) e CMM. Depois disso, a variedade de dados adquirida, bem como um método contínuo e fixo para gerenciar esse procedimento de aquisição de dados e transferência de dados para um servidor central, têm que ser considerados. Além disso, selecionar sensores propícios (tipo e especificações) é outra questão primordial para desenvolver o CPS (LEE BAGHERI, & KAO, 2014).

Em suma, os sensores e atuadores, conjuntamente com o software do computador, formam o CPS, o qual permite sentir o produto e comparar informações

obtidas com esses sensores e atuadores com o modelo virtual, objetivando saber se o produto se ajustou ao modelo e se a condição correta foi alcançada.

2.4.3.3. Utilização da IoT da logística

Empresas que possuem IoT (Internet of Things) podem supervisionar seus próprios produtos em tempo real e gerenciar sua arquitetura logística. Eles não apenas supervisionam a circulação na cadeia de suprimentos e compartilham informação, como também analisam os dados gerados por todos os procedimentos e prognósticos.

A Internet das Coisas e Serviços torna possível a criação de redes que incorporam todo o processo da cadeia de suprimentos, que converte em uma Logística Inteligente. Os CPS compreendem sistemas inteligentes de armazenamento, máquinas e facilidades de produção, as quais têm sido desenvolvidas digitalmente com integração da base ICT, a partir da logística de entrada à produção, marketing, serviço e logística de saída (WORKING GROUP, 2013).

A IoT pode ser definida como a rede de sistemas cyber-físicos que são unicamente identificados e podem interagir para atingir objetivos comuns. Portanto, a IoT é entendida como umas das partes principais do CPS.

As “coisas” na IoT são sensores e atuadores (que formam o CPS), módulos comunicadores e dispositivos que podem cooperar conjuntamente com componentes inteligentes a fim de atingir objetivos que, sem essa cooperação, poderiam não ser atingidos. Assim, IoT é uma rede onde CPS pode se comunicar e cooperar entre cada um através de um objetivo em comum. (WORKING GROUP, 2013).

Frequentemente, CPS usa uma interface homem-máquina para permitir a comunicação entre usuários e plantas de produção em um ambiente em rede (CREATION, 2015)

Em suma, IoT afeta toda a cadeia de suprimentos. Primeiramente, otimiza a gestão da cadeia de suprimentos; em segundo lugar, faz com que as fontes sejam

usadas efetivamente; em terceiro lugar, faz com que toda a cadeia de suprimentos seja visível para que possa ser aprimorada a informação da transparência da cadeia de suprimentos; em quarto lugar, a gestão da referida cadeia é feita em tempo real; por fim, faz com que a cadeia de suprimentos tenha alta agilidade e integração completa (SUN, 2012).

A respeito da cadeia de suprimentos, a IoT afeta o vínculo de fabricação, de armazenagem, de transporte e de venda. Faz com que as empresas e toda a cadeia de suprimentos responda à variação do mercado rapidamente que a adaptação é aprimorada (OBITKO & JIRKOVSKY, 2015).

Companhias industriais líderes no mercado estão digitalizando e conectando funções ao longo da cadeia vertical de valores, assim como a horizontal. Engloba o processo de encomenda digital, o desenvolvimento de produtos personalizados e a transferência automática dos dados dos produtos, para conectar sistemas de fabricação e planejamento e, também, o serviço integrado ao consumidor, assim como a integração horizontal dos dados de invenção e planejamento, executados com suprimentos, consumidores e outros parceiros da cadeia de valor. Ademais, otimiza o fluxo de informação e produtos, desde os consumidores através de sua própria companhia, até o fornecedor e vice-versa (WEGENER, 2015).

Assim, realizando uma perspectiva acerca das informações dos procedimentos atuais de seus produtos, a tendência futura ou a probabilidade de um acidente acontecer pode ser estimada, fazendo com que medidas preventivas possam ser adotadas. Esse fator aumenta a habilidade da empresa em responder ao mercado.

2.4.3.4 Utilização do IoS na logística

A IoS (Internet de Serviços) é o termo utilizado para nomear a prática de oferecer serviços através da Internet, para que eles possam ser combinados em serviços de valor agregado por vários fornecedores. A IoS é baseado nos fornecedores de serviços, infra-estrutura para serviços e modelos de negócios. Os serviços formados são, portanto, acessados pelos clientes. Um exemplo disso seria a formação de tecnologias e capacidades de produção virtuais, determinando

serviços individuais como necessários para realizar uma tarefa complexa, combinando habilidades diferentes e observando tempo ou restrição financeira (OBITKO & JIRKOVSKY, 2015).

A ideia da IoS já foi implementada num projeto denominado “Smart Face” no programa "Autonomics for Industrie 4.0", iniciado pelo Ministério Federal Alemão da Economia e da Energia. Este projeto é baseado em uma arquitetura orientada por serviços. Ele permite o uso de estações de montagem modulares, que podem ser flexíveis, modificadas e expandidas. Veículos guiados automatizados realizam o transporte entre as estações. Ambos, estações de montagem e veículos automatizados, oferecem seus serviços através da IoS. Os veículos conhecem as configurações específicas do cliente e podem decidir autonomamente quais etapas de trabalho são necessárias. Portanto, eles podem, individualmente, compor os processos necessários através do IoS (HERMAN et al., 2015).

Resumindo, a Internet dos Serviços aperfeiçoa a relação consumidor-empresa, fazendo com que o cliente consiga ter maior e mais amplo acesso à produção por ele requerida, garantindo maior efetividade e estreitando o contato empresa-cliente.

Desse modo, demonstrou-se que as tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas à Logística possuem muita diversidade. Destarte, para que se tenha um melhor entendimento acerca dessas tecnologias, é de suma importância exemplificá-las.

2.4.4. Exemplos de aplicação da Logística 4.0

É possível facilitar o trabalho humano utilizando robôs em depósitos, que podem transportar as mercadorias de um local para outro. Podemos encontrar um exemplo na Amazon, que a partir de 2012 adquiriu o “Sistema Kiva” de transporte de mercadoria, o qual promoveu a automação do processo de colheita. Eles usam um robô chamado "Kiva", que fez o processo do “picking” (ato de pegar mercadorias), ou seja, já não são necessários alguns trabalhadores para pegar determinadas mercadorias e, com isso, alcançou-se um aumento de produtividade nos centros de distribuição. (AMAZON, 2016).

Figura 3 Sistema Kiva



Fonte: (Amazon, 2016)

Além disso, Hitachi Ltd. desenvolveu um veículo automatizado, chamado "Racrew", o qual possui os mesmos padrões que o modelo do sistema "Kiva", que foi introduzido no centro de logística de transportes da Hitachi.

Se os robôs de operação, robôs de depósitos e a tecnologia de controle autônomo, são semelhantes, pode-se resolver os problemas da empilhadeira não tripulada com baixa velocidade. Além disso, novas informações tecnológicas vêm surgindo cada vez mais rápido, sendo possível dizer que, em breve, os galpões de mercadorias sobreviverão apenas com empilhadeiras autônomas.

2.4.4.1 B&R

B&R (Bernecker + Rainer Industrie-Elektronik) é uma das empresas de automação mais inovadoras do mundo, sendo uma líder na indústria de automação e controle de processos. A empresa continua a investir em pessoas e serviços, e acredita que a distribuição de automação lógica através de sistemas de produção – Indústria 4.0 – tem criado uma necessidade urgente em comunicação em rede, o que promove transparência e eficiência, sem comprometer a confiabilidade.

O último projeto da B&R foi otimizando sua produção de PCs industriais, fazendo com que seus consumidores possam configurar seus PCs com suas

especificações, utilizando uma ferramenta online, a qual, após de verificar a viabilidade do pedido, gera, pelo sistema ERP, uma conta com um número único e em série.

“Falando matematicamente, o consumidor tem mais de 250 bilhões de configurações de hardware diferentes para escolher. Nós podemos produzir um único item usando a mesma eficiência de 1000” diz Gerald Hass, chefe do gerenciamento industrial global da B&R. Portanto, pode-se concluir que eles atingiram o objetivo “do tamanho de um lote”.

O Sistema ERP planeja um cronograma de processo de ordem e assegura que a logística trabalhe suavemente. Algumas partes vindas do armazém são entregues imediatamente. A instalação em Eggelsberg (Austria) é completamente ligada em rede, tanto horizontal, quando verticalmente.

“O que temos é uma singular e homogênea rede que incorpora qualquer máquina e qualquer componente de automação tão bem quanto o sistema ERP”, diz Haas. Isso é o que permite que o sistema ERP controle o armazenamento automatizado e veículos de recuperação na baía do armazém.

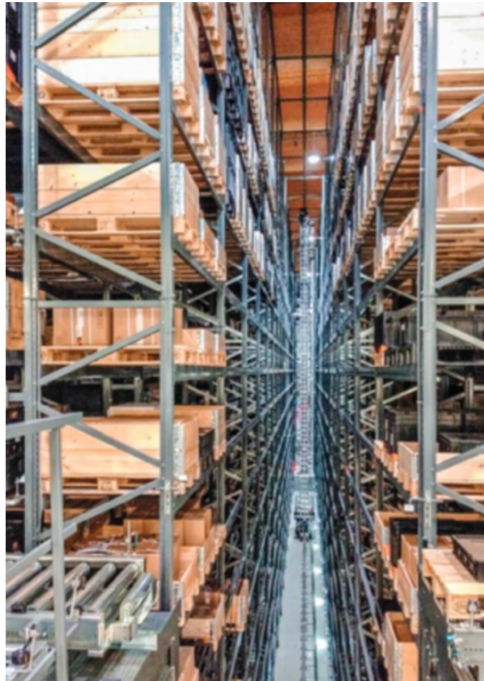
A comunicação através da fabricação em rede corre em todas as direções. Quando um módulo atinge toda uma estação automatizada para montagem, teste e rotulagem, uma questão SAP em tempo real determina quais testes serão requeridos. Possivelmente isso acontece porque todo produto tem um número único e em série lido pelo sistema RFID. A B&R coleta e avalia todos os dados de produção, usando seu próprio software do sistema de controle de processos.

“Para a B&R, a produção de fabricação inteligente em rede tem sido uma realidade desde 2006”, diz Haas (2015).

“O que, para nós, tem sido negócio como de costume, agora foi dado um nome: Indústria 4.0”. continua Hass (2015).

A figura 4 mostra o alto compartimento do depósito na planta da empresa. Os corredores de produção da B&R são todos ligados em rede. O sistema ERP tem controle direto no armazenamento e em veículos em recuperação no alto compartimento do armazém, o que otimiza automaticamente a logística de produção (B&R, 2014).

Figura 4 Fábrica da B&R



Fonte: (B&R, 2014)

2.4.4.2 Grupo Toll

A Toll Global Logistics precisava de mais eficiência em localizar bens e remessas com a facilidade de Singapura. Com objetivos, incluindo a redução de horas-pessoas, por diminuir a confiança nos procedimentos manuais e aumentando a visibilidade para a empresa e seus consumidores, a organização implantou um sistema que etiquetou em cada uma das 150.000 localizações, paletas com etiquetas UHF passivos RFID. Quando as remessas chegarem, os funcionários digitalizam os códigos contidos nas caixas e usam um portal para identificar as etiquetas RFID usadas nas paletas que estão dentro (ou fora) delas. O dado de identificação da paleta é depois conectado e enviado via wi-fi para um software que armazena os dados e os torna disponíveis para os usuários internos e consumidores. A Toll Global Logísticas estima que o sistema irá economizar cerca de 6 minutos de funcionário por paleta, resultando em mais de 600 dias-pessoas por ano (MOTOROLA, 2014).

Figura 5 Interior da Fábrica Toll Global



Fonte: (Motorola, 2014).

2.4.4.3. South-eastern Container

A South-eastern Container fabrica garrafas de plástico pré-formuladas em três facilidades de modelagem por injeção no leste dos Estados Unidos. As pré-formas são enviadas para a fabricação de garrafas em containers de cartões e caixas de plástico, com containers vazios retornando para a facilidade de modulação a fim de repetir o ciclo.

Entretanto, problemas no processo de retorno estavam custando milhões de dólares por ano devido às perdas e danos. Por isso, a empresa substituiu containers já existentes por caixas de plástico dobráveis retornáveis desenhadas para aumentar a eficiência, reduzindo custos. Considerando que esses novos containers custam dez vezes mais que um container de cartão, Southeast Container introduziu um RFID-driven de sistema de contagem para localizar a vida útil dos containers comparados com o número de ciclos garantidos pelo fabricante. Cada container é

permanente identificado com uma etiqueta RFID passivo para localização de cada um em tempo real, proporcionando visibilidade e extraído o máximo de valor ao negócio. A empresa espera atingir um retorno lucrativo em menos de 2 anos (MOTOROLA, 2014).

Figura 6 South-eastern Container



Fonte: (Container, 2016)

Após aprimorar substancialmente os conhecimentos sobre a Indústria 4.0, tais como suas bases, pilares e, principalmente, a origem de seu surgimento, aumentou-se as pesquisas com foco na logística. Durante a pesquisa exploratória, percebeu-se a importância e a necessidade de conhecimentos a respeito da Indústria 4.0, devido a seus benefícios e vantagens. Assim sendo, por já se tratar de uma realidade, acredita-se que ela pode transformar o conceito de como são produzidos os produtos e como são compartilhadas as informações no mercado.

Dessa forma, a fim de auxiliar um melhor entendimento acerca do assunto, utilizou-se o método da análise bibliométrica, o qual irá complementar a estrutura desse trabalho. Assim, considerando que no presente trabalho o objetivo da análise bibliométrica serviu para obter um melhor entendimento do assunto, não se fez uso das suas referências no texto, mas se fez útil por formar uma base a respeito do assunto, tendo em vista que se trata de uma pesquisa com fontes e autores confiáveis e de alta relevância.

3. ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Há duas fases principais em que a análise bibliométrica se desenvolve, começando por uma coleta de dados, com posterior filtragem e normalização dos mesmos e, após, a preparação de um documento final através de uma análise e síntese das informações encontradas.

A metodologia ProKnow-C – Knowledge Development Process-Constructivist (ENSSLIN et al., 2010) – será o procedimento pelo qual o portfólio bibliográfico será formado, por atender à simplicidade de aplicação e sistematização do cerne do estudo, a fim de que, futuramente, pesquisadores possam utilizar-se dele como instrumento de orientação em suas pesquisas nesta esfera de conhecimento. (TASCA et al., 2010; AFONSO et al., 2012; VILELA, 2012).

O objetivo do presente estudo possui natureza exploratória-descritiva, tendo em vista que visa, por meio do processo de seleção e análise dos artigos científicos publicados em periódicos, transmitir conhecimento hábil para que o pesquisador forme sua base de conhecimento acerca do tema. Não obstante, descreverá características primordiais - como artigos com maior reconhecimento científico e autores de maior destaque - acerca dos artigos componentes do Portfólio Bibliográfico.

O processo escolhido como instrumento de intervenção – ProKnow-C –, proposto por Ensslin et al., (2010a) (AFONSO et al., 2011; LACERDA, ENSSLIN, ENSSLIN, 2012) compõe-se de quatro etapas, quais sejam: a) seleção de um portfólio de artigos sobre o tema da pesquisa; b) análise bibliométrica do portfólio; c) análise sistêmica; e d) definição da pergunta e objetivo de pesquisa.

Assim, face ao conteúdo exposto, começa a surgir o principal questionamento norteador da elaboração deste trabalho de conclusão de curso:

como desenvolver o conhecimento introdutório em uma pesquisa acerca do tema “Proposta de Implementação da Indústria 4.0 na área de Logística” através da aplicação de uma metodologia de pesquisa estruturada?

A fim de responder a pergunta supracitada, adota-se como objetivo da presente pesquisa a aplicação de uma metodologia capaz de formar um portfólio de artigos que orientem um pesquisador na fase inicial de uma pesquisa. Além disso, far-se-á a realização de uma análise crítica sobre tais artigos, conforme a associação teórica empregada pelos autores, bem como segundo as lentes, abordagem, singularidade, limites de conhecimento da decisão, mensuração, integração e gestão propostas por Ensslin et al., (2010).

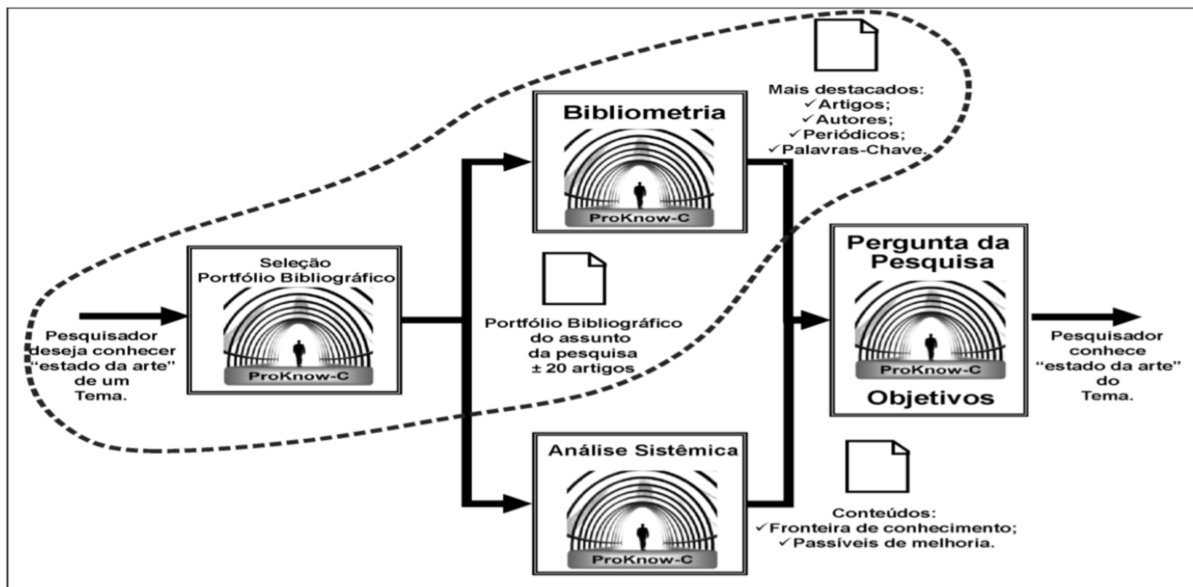
Em vista disso, são três as seções pelas quais esse estudo se estrutura: a primeira corresponde à fase introdutória. A segunda, por outro lado, demonstra a metodologia utilizada para a obtenção dos resultados. A terceira, por fim, apresenta os resultados da Análise Bibliométrica.

3.1 Instrumento de intervenção para o desenvolvimento da pesquisa

O processo aplicado a esta pesquisa – ProKnow-C, Knowledge Development Process-Constructivist (ENSSLIN et al., 2010) – através da utilização de etapas estruturadas, tais como a busca de artigos na base de dados e sua relevância acadêmica, análise sistêmica das obras, entre outros, viabiliza a identificação e análise de um conjunto de artigos, unidos em um portfólio, relacionados ao tema Proposta de Implementação da Indústria 4.0 na área de Logística.

Utilizou-se apenas uma base de dados proveniente do portal da CAPES, chamada “Scopus”, para dar sustentação à realização da pesquisa, por se tratar de base em que há um elevado número de periódicos de alto fator de impacto publicados no âmbito das Engenharias III, além de ser uma base com acesso livre, em virtude da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC ter comprado seus direitos de acesso.

Figura 7 Etapas da Metodologia Aplicadas no Artigo

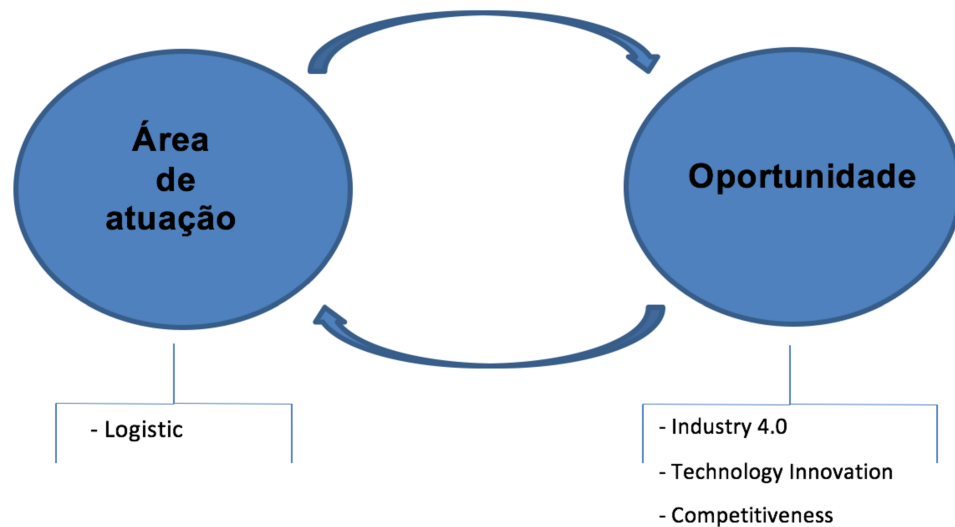


Fonte: (ENSSLIN et al., 2010)

3.2 Seleção das palavras-chave

Os eixos de pesquisa e suas respectivas palavras-chave foram definidos com o intuito de buscar os artigos na base de dados selecionada. Tais palavras-chave foram definidas segundo os dois eixos de pesquisa: Área de Atuação e Oportunidade. No primeiro eixo foi definida uma palavra-chave: logística. Por outro lado, no segundo eixo, foram definidas: 1) Indústria 4.0; 2) inovação tecnológica e 3) competitividade. Após, as palavras-chave mencionadas foram transcritas para inglês, no primeiro eixo: 1) logistic; e no segundo eixo: 1) Industry 4.0, 2) technology information e 3) competitiveness.

Figura 8 Eixo das palavras chave da pesquisa



Fonte: (Autor, 2016)

A Figura 08 mostra os eixos e suas respectivas palavras-chave que nortearam esta pesquisa científica. Acredita-se que as palavras-chave pesquisadas proporcionam um melhor entendimento sobre o tema. Assim, elas estão todas conectadas, pois acredita-se que, a partir da Indústria 4.0, por se tratar de uma inovação tecnológica, as empresas são capazes de ter uma maior competitividade dentro do mercado. Sendo assim, conseguiu-se relacionar as oportunidades dessas palavras com a área de atuação requerida, ou seja, a logística.

3.3 Delimitações da pesquisa

Como exposto acima, usou-se como critério de delimitação a utilização de apenas uma base de dados – Scopus. Como segunda restrição, estipulou-se o período de publicação dos trabalhos, o qual sofreu um corte temporal no decorrer dos últimos 5 anos, por se tratar de matéria de estudo recente e atual no mercado. Outra delimitação fixada corresponde às opções de pesquisa *in topic*, ou seja, aquelas que podem ser realizadas mediante a busca de termos informados no título,

no resumo e nas palavras-chave dos artigos. Apesar do filtro de busca, o qual se deu se restringiu em periódicos relativos a Ciências Sociais e Exatas, engenharias e administração, delimitou-se o tipo de documento em artigos científicos e jornais, excluindo outros tipos de publicação.

3.4 Busca na base de dados

Deu-se início, nos meses de agosto e setembro de 2016, a uma técnica de busca visando o cruzamento de todas as palavras-chave dos dois eixos de pesquisas já expostos anteriormente, empregando a expressão *booleana* “and” para a ligação das palavras. Em contrapartida, a palavra composta foi pesquisada utilizando-se aspas.

Tabela 1 Junção das Palavras-Chave

| PALAVRAS – CHAVE | SCOPUS |
|--------------------------------------|---------------|
| Logistic AND Industry 4.0 | 33 |
| Logistic AND “Technology Innovation” | 773 |
| Logistic AND Competitiveness | 1.306 |

Fonte: (Autor, 2016)

Conforme apresentado na Tabela 1, o resultado de 2.112 artigos encontrados realizou-se através da construção e cruzamento das palavras-chave, pois quanto mais elas forem abrangentes, maior será o retorno de artigos nas bases de pesquisa.

3.5 Análise das publicações quanto ao alinhamento com o tema de pesquisa

Para a reunião dos trabalhos e composição dos Bancos de Artigo, foi utilizado o EndNote X7 como gerenciador bibliográfico.

O EndNote foi criado para facilitar o trabalho dos autores, conseguindo dar mais credibilidade ao processo de análise das publicações, além de servir como ferramenta de gerenciamento de dados. Assim, foi possível realizar a exportação das citações obtidas para o software das citações obtidas através de pesquisa, sendo possível excluir 10 trabalhos duplicados.

Levou-se em consideração que, para a análise de enquadramento de títulos e sua leitura, o título deve conter dois critérios: 1) Estar de acordo com o tema pesquisado; 2) Fazer parte da área de pesquisa, ou seja, as palavras-chave serem encontradas no texto.

A partir de então, após a leitura dos títulos das publicações não duplicadas, obteve-se o número de 507 publicações não duplicadas e alinhadas com o tema da pesquisa.

3.6 Verificação do reconhecimento científico das publicações

Seguindo a proposta do Proknow-C, (ENSSLIN et al., 2010), depois de realizado o reconhecimento dos artigos, foi possível deixá-los prontos para a leitura. Logo, o próximo passo consiste na procura por artigos de maior reconhecimento científico, ou seja, aqueles que possuem o maior número de citações. Para isso, foi utilizado o Google Acadêmico (<http://scholar.google.com.br>), ocasião em que, após a pesquisa, de maior para o menor, determinou-se que artigos com duas citações, ou menos, fossem tirados da base de dados. Como resultado disso, 32 artigos foram retirados e colocados em uma pasta diferente a fim de uma análise posterior.

3.7. Análise das publicações quanto à leitura do resumo

Com o intuito de verificar o alinhamento do artigo com o tema objeto de pesquisa, realizou-se a leitura dos resumos dos artigos com reconhecimento científico. Nesta etapa, foi realizada a leitura de resumos de 475 artigos, sendo que destes, 80 artigos estavam alinhados com os objetivos de pesquisa de acordo com a percepção do autor, e 395 artigos encontravam-se desalinhados com os objetivos da pesquisa.

3.8 Reavaliação dos artigos menos citados

A metodologia Proknow-C, através de seu conceito, prevê a reavaliação das publicações que foram excluídas na etapa do reconhecimento científico. O primeiro critério de análise respalda-se nos artigos publicados num período menor que três anos anteriores à data da pesquisa, (2013,2014 e 2015) justifica-se este passo pelo fato de que as publicações recentes não terem oportunidade de serem citadas (ENSSLIN et al., 2010; TASCA et al., 2010;., 2011b; ENSSLIN et al., 2012; LACERDA et al., 2012).

O segundo critério de análise consiste na comparação dos autores destes artigos verificados com os autores dos artigos já selecionados, tendo em vista que este processo, por entender que o autor que já está presente no portfólio de artigos, possa ser um autor relevante para o tema em questão. Dentre eles, apenas 18 artigos atenderam aos critérios estabelecidos, compondo assim um banco de publicações de 68 artigos.

3.9 Leitura integral dos artigos

A leitura integral dos artigos foi realizada com o intuito de obter um melhor entendimento sobre o assunto, o qual possui relevante importância à indústria, adquirindo um embasamento teórico de melhor qualidade, razão pela qual a utilização de tal método mostrou-se devidamente útil.

3.10 Apresentação dos resultados da pesquisa

A análise bibliométrica permitiu realizar mensurações a fim de conhecer a representatividade e a qualidade dos artigos selecionados (ENSSILN et al., 2010). Então, a análise bibliométrica forma um conjunto de dados estatísticos, com o objetivo de permitir que os pesquisadores construam o conhecimento sobre os artigos mais citados, periódicos mais relevantes e autores de destaque. Como a análise bibliométrica fundamentou-se apenas em uma base de dados, decidiu-se apresentar o resultado por busca de palavra chave.

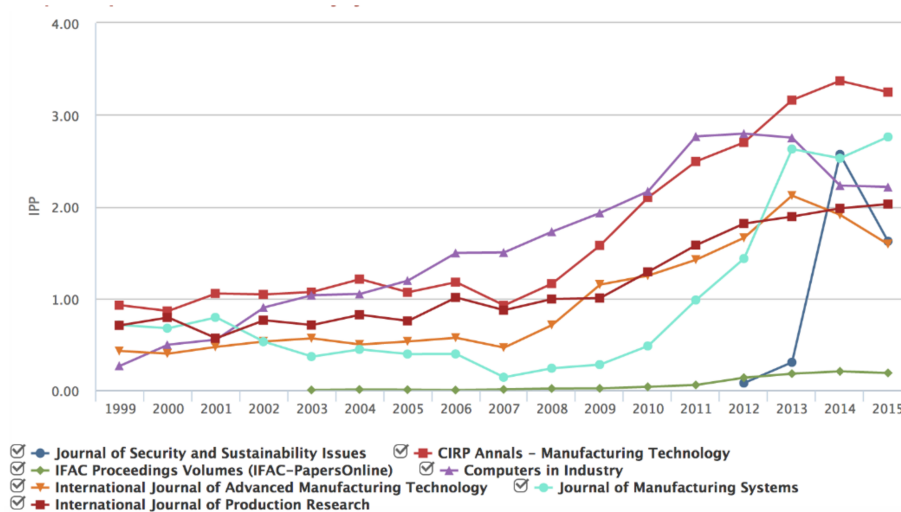
Esta etapa da metodologia Proknow-C reconhece a necessidade da execução de quatro passos ou análises, que podem ser compreendidas como processo de avaliação. São elas:

- 1 – Mensurar o grau de relevância dos periódicos;
- 2 – Mensurar o grau de relevância dos autores;
- 3 – Mensurar o reconhecimento científico dos artigos;
- 4 – Evidenciar a ligação direta dos artigos com o tema.

3.10.1. Mensurar o grau de relevância dos periódicos

A fim de caracterizar a primeira etapa, foi realizado o reconhecimento do grau de relevância dos periódicos, identificando as revistas e jornais mais frequentes no portfólio bibliográfico.

Figura 9 Grau de relevância dos periódicos (IPP) no período de 1999 - 2015



Fonte: (Autor, 2016)

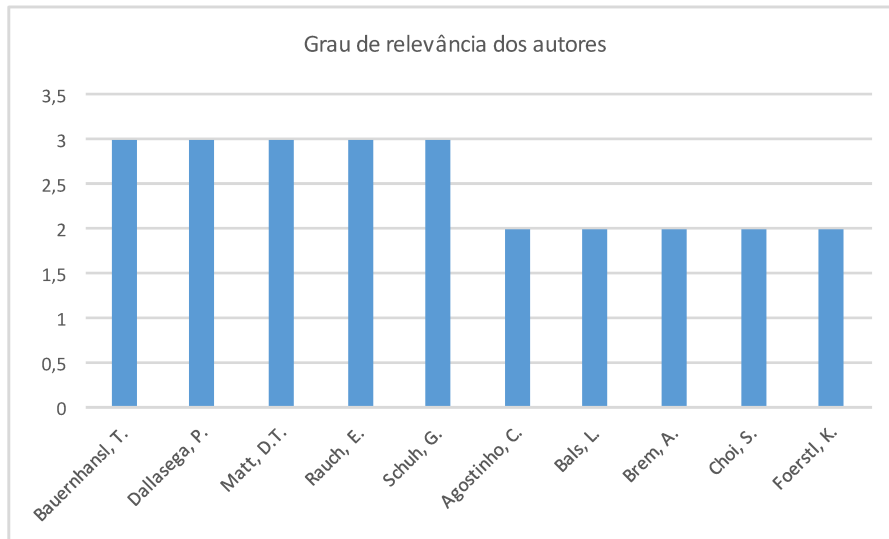
Conforme verificou-se na Figura 08, da análise dos artigos do portfólio final, constatou-se que apenas 1 apresentou ocorrência acima de 3. Do restante, 4 periódicos apresentam 2 ocorrências e os demais apresentam apenas uma. Desta maneira, conclui-se que não há um periódico específico que se destaque no tema da pesquisa. Contudo, demonstra-se um equilíbrio pela quantidade de periódicos presentes nas bases de dados utilizadas para a presente pesquisa.

3.10.2. Mensurar o grau de relevância dos autores

Nesta etapa da análise verificou-se o grau de relevância dos autores do portfólio bibliográfico, passo esse que evidencia quais os autores que se destacam, sendo que grande parte deles possuem apenas dois artigos constando no portfólio

bibliográfico. Já quanto à análise do grau de relevância dos autores das referências do portfólio bibliográfico, verificou-se que alguns autores deles possuem 3 produções utilizadas nas referências, além de outros autores utilizados em um grau menor, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 Número de publicações por nome do autor no período de 2013 - 2016



Fonte: (Autor, 2016)

Conforme representado na Figura 10, da observação de todos os autores constantes no portfólio bibliográfico, constatou-se que três autores se destacam com 3 citações nas referências do portfólio bibliográfico.

Sabendo da importância dos autores nesse assunto, foi feita uma pesquisa no Google Scholar sobre cada autor, sendo possível, assim, foi possível descobrir o número de citações que cada um possui, em conformidade com a Tabela 2.

Tabela 2 Número de citações pelo Google Acadêmico no período de 2013 - 2016

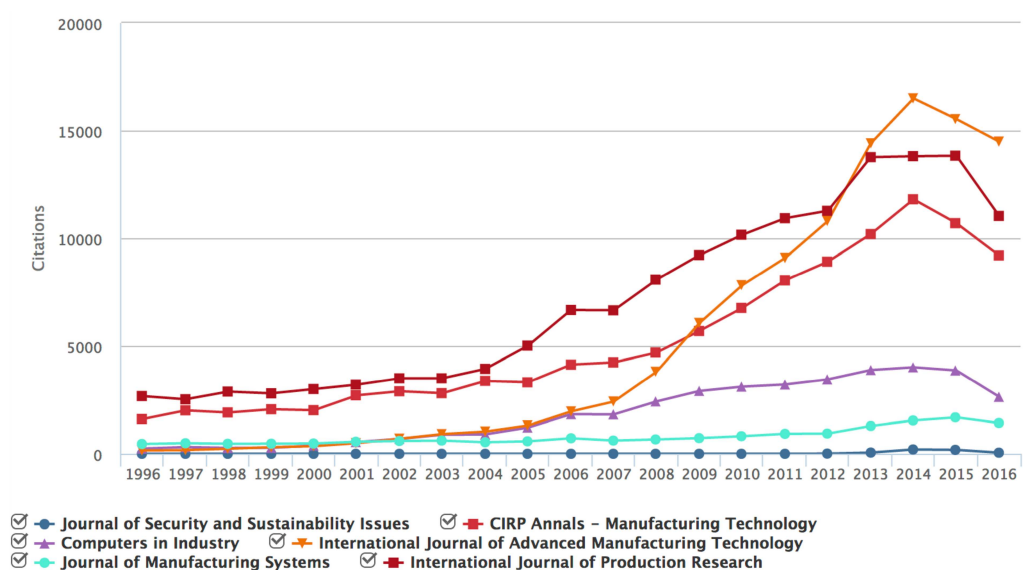
| Nome do Autor | Número de citações. |
|----------------------|----------------------------|
| Bauernhansl, T. | 807 |
| Dallasega, P. | 434 |
| Matt, D.T. | 269 |

Fonte: Autor (2016)

3.10.3. Mensurar o reconhecimento científico dos periódicos

Nesta etapa verifica-se o reconhecimento científico dos periódicos presentes no portfólio bibliográfico final. Com esta análise, verificou-se que o artigo de maior destaque – International Journal of advanced Manufacturing Technology – possui mais de quinze mil citações no “Scopus” no ano de 2014. Por sua vez, alguns periódicos apresentaram apenas uma citação. Estes dados são apresentados na Figura 04.

Figura 11 Citação dos Periódicos no período de 2013 - 2016

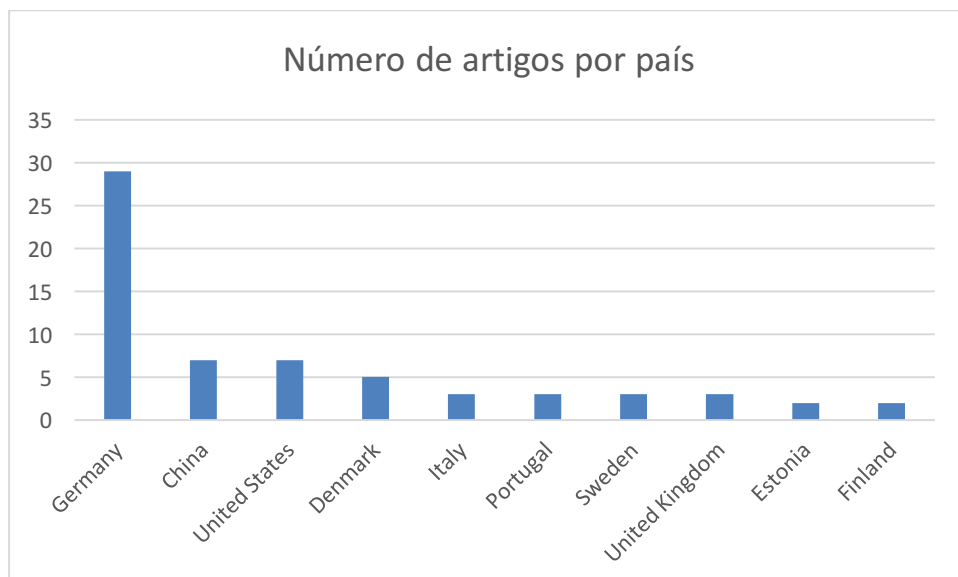


Fonte: Autor (2016)

3.10.4. Evidenciar a ligação direta dos artigos com o tema.

O principal tema da presente pesquisa é a Indústria 4.0, cujo termo teve sua criação demonstrada na introdução deste trabalho, através da leitura integral dos artigos, bem como da pesquisa exploratória. Ademais, a figura 12 aponta o país que vem sendo pioneiro na implantação da Indústria 4.0, qual seja, a Alemanha, tornando-se possível, por meio desse estudo, concluir que grande parte dos conhecimentos e ensinamentos são realizados lá.

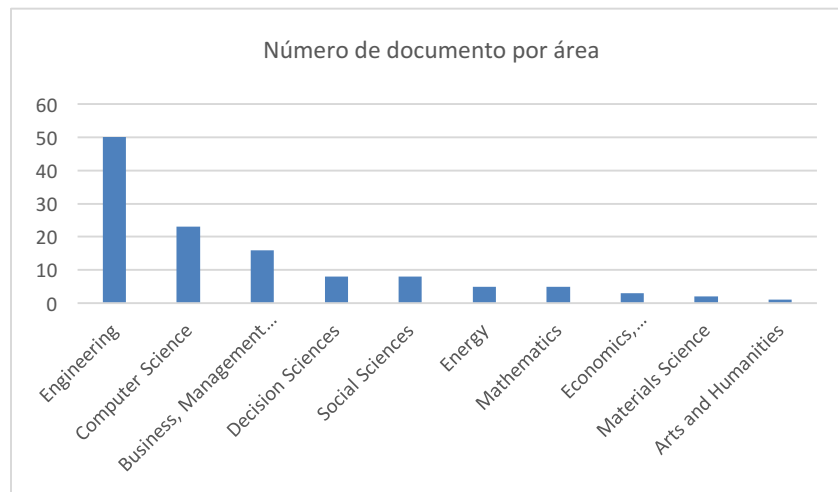
Figura 12 Países por número de publicações no período de 2013 - 2016



Fonte: Autor (2016)

Para que o pesquisador saiba quais são os periódicos que deverão ser pesquisados a fim de obter um melhor aproveitamento na construção do conhecimento sobre o tema, realiza-se a separação do portfólio bibliográfico por área, de acordo com a Figura 13. Desta análise, destaca-se a área da engenharia com 50 documentos.

Figura 13 Quantidade de documentos por área no período de 2013 – 2016.



Fonte: Autor (2016)

O quadro 1 demonstra a relação das variáveis utilizadas com os respectivos autores que discorreram sobre elas, auxiliando a formação da metodologia proposta a seguir, com o fim de obter um melhor esclarecimento na análise bibliométrica e no referencial teórico.

Quadro 1: Variáveis para metodologia segundo os autores

| Variáveis Para a Metodologia | Autores |
|------------------------------|--|
| RFID | Uckelmann, 2008; Hashemi et al., 2013; Ahsan, 2011; Bhuptani; Moradpour,2005; Oliveira,2016; Pedroso et al., 2009. |
| Big Data | Obitko & jirkovsky, 2015; Silveira (2015); Foresight, 2013; Deutsch bank, 2014. |
| CpS | Working group, 2013; Lee bagheri, & kao, 2014; Rajkumar, 2012; Zhong et al. 2011. |
| IoT | Working group, 2013; Creation, 2015; Sun, 2012; Obitko & jirkovsky, 2015; Wegener, 2015; Julianelli (2015).\$\$ |
| Mudança na Rede Vertical | Grupo, 2013; Firjan 2016. |
| Mudança na Rede Horizontal | Grupo, 2013; Firjan 2016. |
| Caminho Estratégico | PwC (PriceWaterHouseCoopers) 2016; Monteiro 2013. |

Fonte: Autor (2016)

O processo estruturado empregado no presente artigo para a formação do portfólio bibliográfico e da análise biométrica, proporcionou compor um portfólio bibliográfico de 62 artigos sobre a proposta de implementação da Indústria 4.0 na área de logística. Por meio da análise bibliométrica identificou-se e evidenciou-se que o periódico em destaque no portfólio bibliográfico é o *International Journal of advanced Manufacturing Technology*.

O autor Thomas Bauernhansl é destaque nas referências do portfólio bibliográfico que, apesar de ter o mesmo número de referencias nesse portfólio que outros autores, também se destacou pelo maior numero de citações no google acadêmico.

A partir de todo o contexto estudado, pode-se destacar que, no tema “Indústria 4.0”, há necessidade de uma maior aplicação de pesquisas avaliando a efetividade do tema e, por ele ainda ser muito recente, recomenda-se uma pesquisa

constante para um melhor aproveitamento do conteúdo.

Importante reconhecer que a metodologia Proknow-C se mostra, inclusive, como um eficiente instrumento de intervenção no auxílio à construção do conhecimento. Portanto, restou evidente que a utilização deste portfólio bibliográfico pode servir como um norte e um passo inicial à realização de uma pesquisa.

4. PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NA ÁREA DE LOGÍSTICA.

A inovação é o fator fundamental para aumentar a competitividade da Indústria. Assim, nesse cenário, é crucial estabelecer uma visão de longo prazo alinhado ao monitoramento de novas tecnologias. Por isso, este trabalho desenvolveu uma proposta de implementação da Indústria 4.0. É uma iniciativa inovadora, que visa criar um ambiente favorável para que essas novas tecnologias sejam difundidas e incorporadas pela indústria.

Considerando que a logística é o foco do presente trabalho, além de categorizar as importantes variáveis, é importante entender e identificar os impactos que influenciarão os diversos setores industriais.

4.1 Contextualização

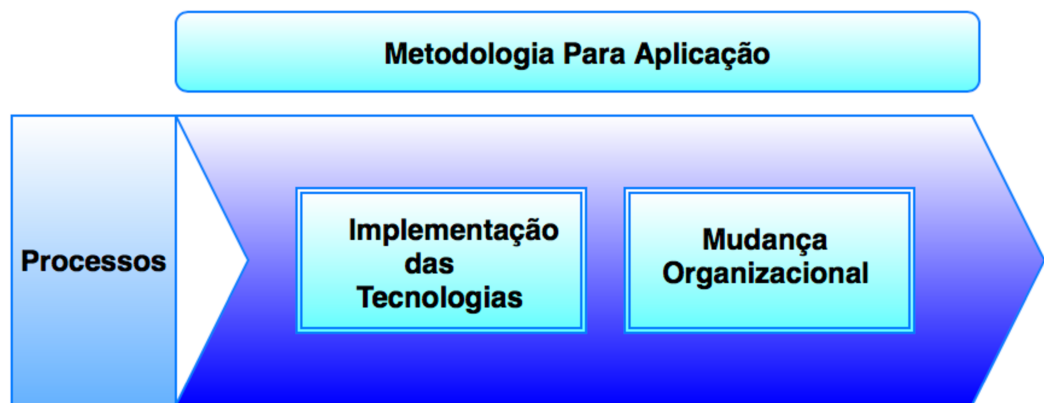
Implantar tecnologias em empresas nem sempre é uma tarefa fácil, seja pelos recursos financeiros limitados, seja pelas equipes reduzidas e sem experiência. São vários os desafios que os pequenos e até mesmo grandes negócios enfrentam para inovar. Muitas vezes a chave para a inovação é melhorar a gestão de pessoas ou capacitar a equipe, trazendo conhecimento para o negócio.

A proposta desse trabalho consiste em simplificar a tarefa de entendimento da Indústria 4.0, pois a procura pela sua implementação por empresas da área de logística tende a aumentar. Depois de inúmeras pesquisas, concluiu-se que a base da Indústria 4.0 repousa em suas tecnologias, tendo em vista o quanto elas podem influenciar e trazer de melhorias à empresa. Outro fator importante é o quanto

implementar novas tecnologias muda o sistema organizacional da empresa, principalmente quando se trata de mudança de estratégia de empresa, partindo para o conceito de que não adianta apenas implementar, mas também envolver todos os participantes da cadeia de suprimentos.

Assim, as principais tecnologias habilitadoras resultantes dessa revolução incluem as já mencionadas internet das coisas, o *big data*, segurança e as novas tecnologias de manufatura aditiva (impressão 3D). Não obstante, outra mudança está no impacto causado na cadeia de suprimentos, tanto na vertical quanto na horizontal.

Figura 14 Diagrama de aplicação da indústria 4.0



Fonte: Autor (2016)

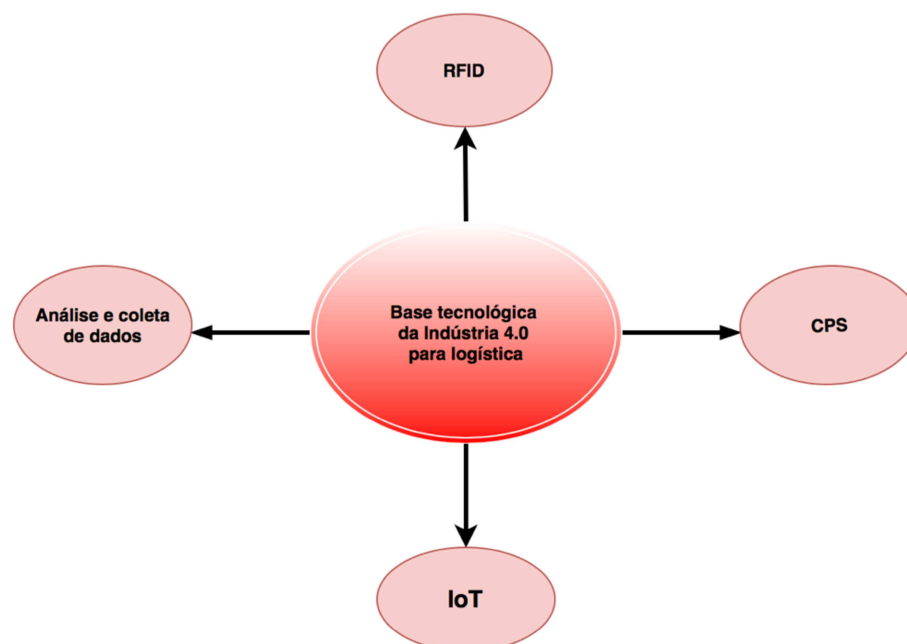
Portanto, o processo de aplicação da Indústria 4.0 se inicia na implementação das tecnologias da Indústria 4.0, ou seja, ao deparar-se com elas, a empresa precisa saber qual delas se encaixará melhor para aprimorar a eficiência da fabricação do seu produto até o resultado final. No entanto, para que seja possível implementar algumas dessas tecnologias, faz-se necessário realizar uma mudança organizacional na empresa. Em razão disso, a implementação das tecnologias e a mudança organizacional estão trabalhando em conjunto, a fim de dar efetividade à aplicação da Indústria 4.0, como mostra a figura 14.

4.2 Implementação das tecnologias

A Confederação Nacional das Indústrias (CNI, 2016) cita em seu artigo sobre os desafios da Indústria 4.0 que um ponto comum entre todas as tecnologias é o emprego da internet como plataforma de intercâmbio de informações, permitindo a comunicação entre um número ilimitado de dispositivos, dando origem ao que se convencionou chamar internet das coisas, ou *IoT*, na sigla em inglês. Tais tecnologias permearão em todas as áreas da economia, provocando múltiplas transformações econômicas e sociais nos próximos anos. As tradicionais divisões entre indústria e serviços e as delimitações dos setores industriais serão alteradas.

Reforçando a importância das tecnologias, a figura 15 mostra quais as principais tecnologias que podem ser utilizadas em uma implementação da indústria 4.0.

Figura 15 Tecnologias da indústria 4.0 na área de logística



Fonte: Autor (2016)

A base tecnológica da Indústria 4.0 já é uma realidade. Muitas dessas tecnologias já vem sendo utilizadas pelas mais diversas empresas. Ressalte-se, por oportuno, que a ligação entre essas tecnologias pode gerar grandes efeitos, pois apesar de possuírem diferentes características, precisam uma da outra para obter um melhor funcionamento e, assim, dar início a essa nova revolução.

Apesar de criadas no ramo da automação, cujo nome já parte do princípio de diminuir a interferência humana, essas tecnologias entraram com um conceito de “Smarts”, ou seja, uma conversação da máquina-homem. Elas foram criadas, a princípio, para satisfazer o uso geral, mas como a logística está presente em nosso cotidiano, em qualquer empresa, processo de fabricação ou distribuição e assim por diante, torna-se fácil aproveitá-las com o intuito inovar e melhorar essa área.

Então, com o fito de afirmar o entendimento dessas tecnologias e como estão interligadas, será comentado especificamente sobre cada uma.

4.2.1 RFID

A RFID (Identificação por Rádio Frequência) trata-se de uma tecnologia de identificação automática de produtos sem a necessidade de fios, pois usa o campo eletromagnético de radiofrequência para transmitir dados entre uma etiqueta inteligente e uma leitora (HASHEMI et al., 2013).

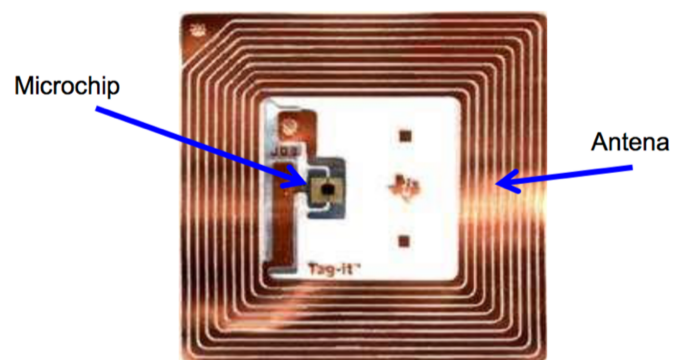
A RFID já provou o valor de sua utilização, proporciona várias aplicações nas empresas e continua a evoluir (AHSAN, 2011), tais como rastreamento e acompanhamento de objetos, integração da cadeia de abastecimento, vigilância eletrônica de produtos, autenticação de documentos, controle de acessos, monitoramento de animais, pessoas e pacientes, detecção e monitoramento ambiental, pagamentos e automação industrial, entre outras aplicações (BHUPTANI; MORADPOUR, 2005).

Assim, vê-se que esse sistema possui um papel importante no apoio à área de logística, devido ao seu potencial para identificar, rastrear e controlar as informações em toda a cadeia logística. Além disso Oliveira (2016) diz que, proporciona aos fornecedores, fabricantes, distribuidores e varejistas informações

precisas e em tempo real sobre os produtos. Por isso, muitas empresas já o exploraram, aproveitando o alto potencial de maior automação, sua maior visibilidade de estoques e seus processos de negócios eficientes.

Os elementos básicos para o funcionamento do RFID compreendem as “tags” (etiqueta inteligente), antena, frequência de operação, leitor, RFID middleware e sistemas gerenciais. A tag, para a RFID, é um hardware que possui um microchip capaz de armazenar dados, tendo uma antena que transmite de dados entre a etiqueta e a leitora, como mostra a figura 16.

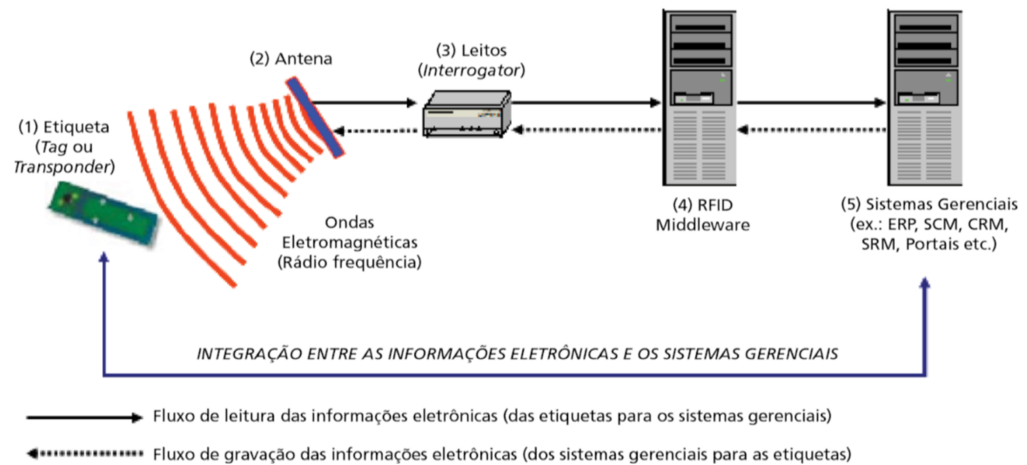
Figura 16 Tag para RFID



FONTE: (Bachu 2013)

Para transformar os dados coletados em matéria útil, é necessária a utilização de um middleware para se filtrarem os dados recolhidos, o qual é composto por uma série de componentes de software que realizam a gestão do fluxo de informações entre os componentes de hardware de RFID (tags, antenas, leitores, sensores, impressoras) e os Sistemas Gerenciais (como o ERP – Enterprise Resources Planning e o SCM – Supply Chain Management). Como mostra a figura 17.

Figura 17 Funcionamento RFID



Fonte: Pedroso, Zwicker e Souza (2009)

Conforme Figura 17, Pedroso et al., (2009) explicam que as informações de um produto são registradas nas etiquetas para RFID (1). Essa etiqueta é fixada no produto, e as informações contidas nela são lidas pela antena (2) e pelos leitores (3), por meio de radiofrequência. A gestão das informações distribuídas ao longo da cadeia de suprimentos é realizada pelo middleware (4). Esse componente gerencia o fluxo de informações entre os hardwares de RFID, identifica os eventos associados a essas informações e realiza a integração com os sistemas gerenciais (5). O fluxo de informação pode ocorrer das etiquetas para os sistemas gerenciais (fluxo de leitura) e destes para as etiquetas (fluxo de gravação), possibilitando uma integração entre as informações eletrônicas e os sistemas gerenciais.

O sistema RFID com a IoT permite que as empresas supervisionem todos os seus produtos em tempo real e gerenciem sua arquitetura logística, possibilitando o compartilhamento e análise da informação, obtendo tendências futuras e procedimentos atuais. Isto permite adotar medidas, estimar e evitar situações indesejadas, além de melhorar a capacidade das empresas de responderem ao mercado.

4.2.2 Análise e coleta de dados

A Indústria 4.0 na área da logística traz consigo uma variedade enorme de dados junto com um volume gigantesco de dados. A partir disso, sabendo do avanço das tecnologias usadas para transmitir esses dados, criou-se o Big Data.

O Big Data consiste num termo usado para definir conjuntos de dados que estão crescendo e se tornando difícil de gerenciar e armazenar, devido ao banco de dados existente e ferramentas. A dificuldade é motivada pela mudança do volume, da velocidade e da variedade de dados.

O volume constitui-se por sistemas que se movem para processar uma quantidade enorme de dados, tudo isso, devido às novas oportunidades de coletar dados de várias fontes, o que em conjunto com a Internet das Coisas, traz a necessidade de coletar e processar uma maior quantidade de dados (OBITKO & JIRKOVSKY, 2015).

Por outro lado, a Velocidade tem a necessidade de que os dados sejam processados em tempo real pelo uso da internet, como por exemplo, a necessidade de reação imediata para conta fraude de cartão de crédito.

Quanto à variedade, os computadores processam quase tudo. Dados bem estruturados no banco de dados são acompanhados por imagens, textos, áudios ou vídeos. Os desafios se originam ao tentar integrar o fluxo de dados, o que, inclusive, é um grande campo de pesquisa. Vários estudos dizem que o principal problema com os Big Data não é o "Big", e sim a heterogeneidade dos dados (OBITKO & JIRKOVSKY, 2015).

Dessa forma, o Big Data, por sua vez, é um grande banco de dados dinâmicos com informações para tomadas de decisões, isto é, os resultados da análise variam em tempo real conforme eventos externos. Isso deixa claro que uma das bases dessa revolução industrial da IoT é a grande mineração de dados, permitindo o processamento e análise de grande quantidade de dados.

4.2.3 CpS

Os Sistemas Cyber-physical integram a dinâmica de processos físicos, com softwares e ferramentas de comunicação, fornecendo, assim, técnicas de design e análise de dados numa escala integrada. A dinâmica entre computadores, redes e sistemas físicos, interage de forma a exigir novas tecnologias. Zhong et al. (2011) discorre sobre essas tecnologias, afirmando que dependem, principalmente, de sistemas embarcados e de comunicação, permitindo que o software esteja presente em dispositivos cujo princípio não é somente computacional, como, por exemplo, carros, dispositivos médicos, instrumentos científicos e sistemas inteligentes de transporte.

Analiando sob o ponto de vista técnico, a disponibilidade de um sistema Cyber-physical permite o compartilhamento de processos em sistemas autônomos e modulares, capazes de se comunicar, reconhecer o contexto no qual estão e de tomar decisões. A estrutura genérica de um CPS é constituída por um sistema embarcado, uma interface homem-máquina e uma conexão a outros sistemas. Desta forma, esta tecnologia procura combinar aspectos cibernéticos de processamento e comunicação com os aspectos dinâmicos de sistemas físicos (RAJKUMAR, 2012).

Em geral, os sistemas Cyber-physical possuem o potencial de atuar autonomamente, formando um sistema heterogêneo. São sistemas que permitem a conexão de operações reais com infraestruturas de computação e comunicação automatizada. Em outras palavras, são sistemas que permitem a fusão dos mundos físico e virtual. Esses sistemas são compostos por: uma unidade de controle, que comanda os sensores e atuadores e tecnologias de identificação, mecanismos de armazenamento e análise de dados.

4.2.3 IoT

A Internet das Coisas, base da Indústria 4.0, consiste numa rede de objetos físicos, sistemas, plataformas e aplicativos com tecnologia embarcada para

comunicar, sentir ou interagir com ambientes internos e externos, permitindo que as "coisas" interajam umas com outras e que tomada de decisões sejam feitas.

Julianelli (2015) afirma que a Internet of Things (IoT), ou Internet das Coisas, tem o potencial de provocar uma verdadeira revolução na cadeia de suprimentos, reduzindo substancialmente os desperdícios e permitindo um nível de eficiência impossível de ser imaginado poucos anos atrás.

É evidente o impacto que seria causado nas cadeias de suprimentos na implementação de etiquetas inteligentes de RFID em todos os produtos, facilitando a localização e o controle de estoques, como, por exemplo, veículos que se comunicam com computadores que redefinem rotas em tempo real e definem o plano de manutenção preventiva, controle de estoque na casa do cliente, permitindo uma reposição automática. Assim, os componentes tecnológicos descritos tornam possível formar o conceito de aplicação da Indústria 4.0 na área de Logística.

Segundo Obitko & Jirkovsky (2015) os principais princípios de projeto ou implementação de todos os componentes técnicos apresentados são:

- Interoperabilidade: A padronização e descrições são importantes, uma vez que significa que as empresas, os seres humanos e CPS são conectados por IoT e IoS;
- Virtualização: Sobre CPS, o mundo físico pode ser ligado ao virtual. Em outras palavras, os dados dos sensores estão ligados a modelos virtuais e de simulação;
- Capacidade em tempo real: a análise contínua de dados é necessária para reagir a quaisquer mudanças no ambiente em tempo real, como roteamento ou manipulação de falhas ou situações complexas. Devido a ele é difícil controlar sistemas centrais. Isso exige que as empresas revisem o planejamento hierárquico e procurem um conceito mais descentralizado de coordenação;
- A segurança da informação e a sua privacidade devem ser enfatizadas no intercâmbio de dados através dessas tecnologias.

A Indústria 4.0 é, comprovadamente, a nova Revolução Industrial, através das novas tecnologias, foi possível observar que a gama de utilização dessas

tecnologias é enorme, e a tendência é ser cada vez maior. Além de conhecer e aprender sobre essas tecnologias, faz parte da mudança entender as mudanças organizacionais que podem ocorrer em toda sua cadeia de suprimentos, ponto este tão importante quanto as próprias tecnologias.

4.3 Mudança organizacional

Mudança organizacional trata-se de qualquer modificação, seja ela planejada ou não, na relação entre o ambiente de trabalho empresarial e sua organização, objetivando sempre à eficiência e eficácia organizacional, garantindo a satisfação do cliente e superando seus concorrentes. As organizações precisam acompanhar as necessidades do mercado, tendo em vista que ele se encontra cada vez mais exigente e sempre em busca de novas tecnologias. Além disso, a satisfação do cliente está cada vez mais difícil de ser atingida, o que resulta em uma mudança contínua a fim de promover um diferencial competitivo, aumentando a qualidade de seus produtos e serviços e diminuindo os custos operacionais, sendo isso reflexo dessa nova Revolução Industrial, a qual busca a otimização de seus processos com uma parcela de erro quase mínima em sua produção.

Segundo Perazza (2011) as mudanças organizacionais podem ocorrer das mais diversas formas e em todos os setores da empresa, como por exemplo:

- Um produto pode ser substituído por outro mais atualizado;
- A evolução tecnológica pode ajudar no processo de produção, diminuindo custos e aumentando a produção;
- A motivação de funcionários para gerar mais empenho no trabalho;
- O incentivo dos funcionários ao realizar alguma mudança na organização, para que não se sintam coagidos pelo novo sistema implantado;

Discorre ainda Perazza (2011) que provavelmente o público mais difícil de lidar sejam os funcionários, pois estes podem não aceitar as mudanças, sentindo-se inibidos e não se adaptando; assim como a entrada de um novo funcionário ou tecnologia, que pode resultar no medo de perder o emprego ou ser substituído por

uma pessoa mais nova, apta e disposta a trabalhar com o novo processo.

É evidente, portanto, a importância do planejamento, a fim de prever prováveis problemas que venham a surgir na organização, bem como traçar os possíveis caminhos a serem seguidos, atingindo, então, o objetivo almejado. Isto posto, as mudanças devem ocorrer para que as organizações sobrevivam no mercado.

A partir disso, considerando que qualquer inovação tecnológica proporciona diversas mudanças, este trabalho traz as principais que devem ser feitas na aplicação da Indústria 4.0, na área de logística, e suas consequências no âmbito industrial.

Figura 18 Caminhos Mudança Organizacional



Fonte: Autor (2016)

A Figura 18 demonstra que a mudança organizacional se divide em dois elementos: mudanças na rede e caminho estratégico. O primeiro elemento consiste em alterar a rede vertical e horizontal de produção. Por outro lado, o segundo elemento trata dos passos práticos que uma empresa precisa adotar para se adequar a uma inovação tecnológica.

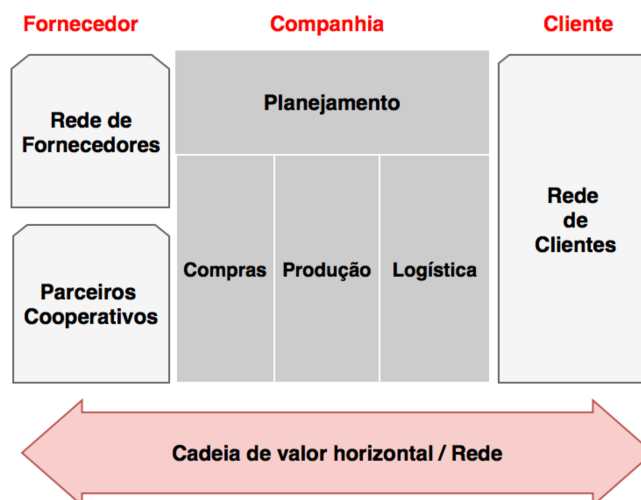
4.3.1. Mudanças na Rede

A principal motivação para discorrer sobre a mudança nas redes está na Internet das Coisas – base da Indústria 4.0 – permitindo criar redes que incorporam todo o processo de fabricação, possibilitando a integração horizontal e vertical.

Em se tratando de integração horizontal, lida-se com a integração dos sistemas de tecnologia de informação nas diferentes etapas dos processos de planeamento de negócios, tais como logística de entrada e saída, produção e comercialização e entre diferentes empresas (GRUPO, 2013).

Foca-se, assim, na gestão da cadeia de suprimentos, a qual envolve rede de fornecedores até a rede de consumidores. A integração horizontal dos sistemas de produção inteligente representa uma cadeia de processos mais transparente e integrada, uma vez que a trajetória de qualquer produto poderá ser registrada e acessada a qualquer momento, garantindo, desse modo, constante rastreabilidade, fazendo com que a empresa não perca o controle do produto mesmo quando este se torna terceirizado. Logo, esse meio de integração possui a capacidade de gerar novos modelos de negócio e cooperação. Como mostra a Figura 19.

Figura 19 Cadeia de valor horizontal



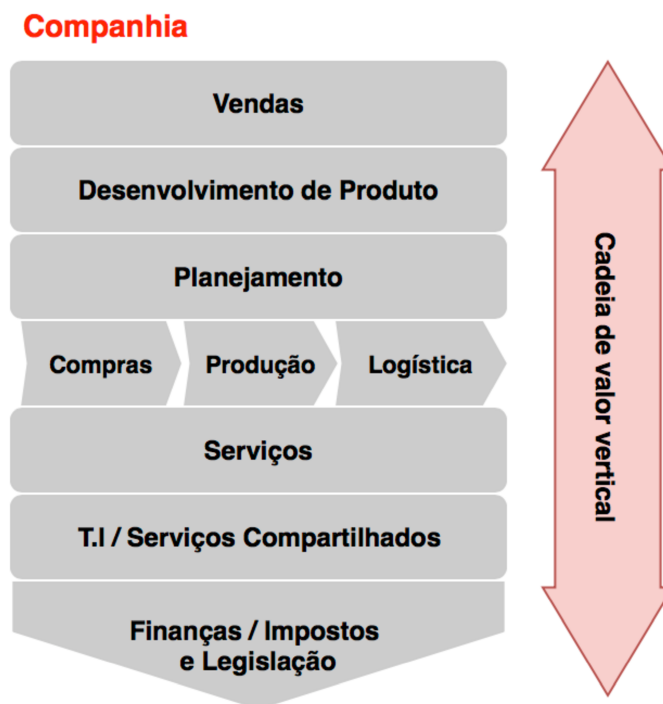
Fonte: Autor (2016) baseado em Group (2013)

Já na cadeia de valor vertical, para a Firjan (2016) as fábricas inteligentes, a adaptação rápida da produção diante das demandas, falhas ou níveis baixos de

estoques serão possíveis graças à ampla integração dos dados da empresa e do chão de fábrica, e que recursos e produtos estão em rede, e materiais e peças podem ser localizados em qualquer lugar e a qualquer momento graças aos CpS.

Todos os estágios de processamento no processo produtivo serão registrados com discrepâncias registradas automaticamente. Em outras palavras, é o conceito da produção verticalizada aplicado aos sistemas de produção inteligente, pelo qual a empresa passará a ter o controle total da produção através de sistemas inteligentes. Ocorrendo, assim, a integração de níveis de hierarquia, como por exemplo: níveis de planejamento corporativo, gerenciamento de produção, fabricação e execução, etc., conforme mostra a figura 20.

Figura 20 Cadeia de valor vertical



Fonte: Autor (2016) baseado em Group (2013)

A Instituição Firjan (2016) ainda discorre em seu caderno de inovações acerca de uma exemplificação sobre a integração dessas cadeias, cuja produção de um produto e todas as etapas do processo produtivo são executadas pela mesma empresa, desde a matéria-prima até o seu processamento final para o consumidor.

Os sistemas inteligentes monitoram e controlam cada uma dessas etapas de produção, realizando a integração entre elas. É a rede vertical de sistemas de produção inteligente. Mesmo quando o produto pronto passa a terceiros (no processo logístico, por exemplo), quando a empresa não é a responsável por sua execução, ele ainda pode ser facilmente monitorado sem haver perda de controle por parte da empresa de origem do produto. Isso porque os sistemas de produção inteligentes integrados permitem o monitoramento, e até mesmo o controle, de um processo inteiro. É a integração horizontal da cadeia de valor em rede.

Importante levar em consideração que nos processos envolvidos dentro dessas companhias e processamentos ainda existe muita tecnologia envolvida, aplicada principalmente ao Big Data, o que reduz o tempo de processamento de tarefas complexas, aumentando a confiabilidade das análises.

Então, é importante ressaltar que na mudança organizacional, ao aplicar os fundamentos da Indústria 4.0, toda a sua cadeia de suprimentos pode ser afetada, razão pela qual vale destacar a importância de entender o funcionamento dela. Então, após compreender sobre o andamento da cadeia, uma mudança organizacional também parte do princípio de que mudanças internas e de estratégias da sua empresa se faz necessária, pois acredita-se que qualquer transformação, seja lá qual for, repercuta na empresa.

4.3.2 Caminho Estratégico

Como qualquer empresa de logística ou que dela necessita, a aplicação dos conceitos da Indústria 4.0 acarretará mudanças, motivo este que demonstra o quão importante é aperfeiçoar uma estratégia de implementação para que apenas os benefícios dela apareçam.

Seguindo esse pensamento, a PwC (PriceWaterHouseCoopers) (2016) definiu um BlueprintPrint para a aplicação da Indústria 4.0, o qual mostra que é preciso implantar capacidade digital em sua empresa. Apesar se der considerado um processo demorado, com alto comprometimento e significativos investimentos, proporciona ótimos resultados, estabelecendo uma vantagem sobre os concorrentes.

Com base em centenas de projetos de transformação com empresas industriais líderes, a PwC (2016) definiu seis passos práticos para a aplicação dos conceitos da Indústria 4.0 em sua empresa, como mostra a figura 21, e qual a necessidade de ser cumprida para liderar o cenário digital competitivo do futuro.

Figura 21 Passos para o avanço digital



Fonte: PwC (2016)

Tendo todos os processos visíveis, é possível prever de uma maneira mais segura e fácil como se adaptar às mudanças. São eles:

1. Mapear sua estratégia para a Indústria 4.0: Definir cada passo que você pode tomar na transformação de sua empresa para que ela se torne totalmente digital. Por isso, é essencial dedicar tempo para definir claramente a sua visão;
2. Criar Projetos-Pilotos: Usando projetos-pilotos para estabelecer provas de conceito e demonstrar o valor gerado para o negócio, nem todos eles terão sucesso, mas lhe ajudarão a enxergar os erros para que, assim, depois da comprovação dos primeiros êxitos, você possa conseguir parceiros e garantir recursos para maiores implementações;
3. Definir as capacitações que você precisa: Depois de conhecer bem seus projetos-pilotos e ter aprendido as lições, importante definir quais as capacidades que você precisa para realizar sua visão e

ajudar no processo, como uma boa estrutura e um TI competente. Talvez sua dificuldade seja recrutar as pessoas certas para esse processo de aplicação;

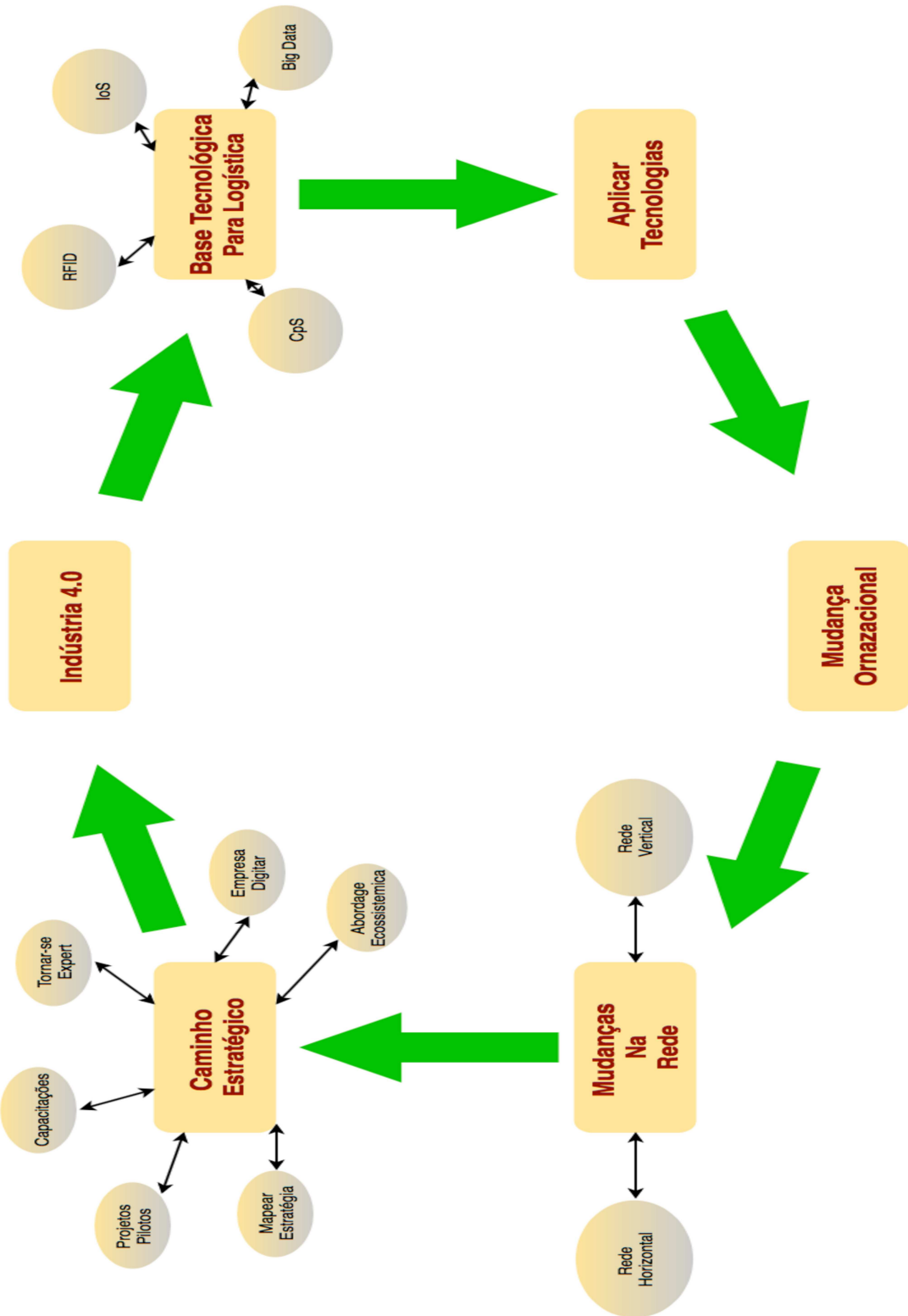
4. Tornar-se um expert em dados: Organização é de suma importância. Equipes com diversos especialistas, inclusive, podem ajudar principalmente em dar o primeiro passo. A Indústria 4.0 pode gerar milhões de dados, os quais devem ser usados para melhorar os produtos e construir novas ofertas de serviço;
5. Transformar-se em uma empresa digital: A indústria 4.0 tem uma gama de recursos imensa, a qual muitas vezes requer uma mudança drástica. Fomentar uma cultura digital, desde a liderança até o funcionário de chão de fábrica, ajudará no processo de mudança;
6. Planejar uma abordagem ecossistêmica: Verdadeiros avanços acontecem quando você entende o comportamento do seu cliente, isso pode ajudar no desenvolvimento de produtos e serviços completos. Desenvolva parcerias, seja com fornecedores, ou até clientes. Ao envolver uma abordagem macro, você pode preencher algumas lacunas que lhe faltam.

Monteiro (2013) diz que toda a tecnologia hoje está à disposição da solução da logística e é capaz de gerar soluções que satisfaçam qualquer necessidade de mercado.

Esse *Blueprint* permitiu que uma empresa visualize seus processos de negócios como se eles fossem 'camadas' pertencentes a um grande modelo. Apesar do comodismo existente, é preciso levar em consideração que a Indústria 4.0 já é uma realidade e significa uma grande revolução, desde a fabricação do produto até a maneira de fazer negócios. Mudanças como essas ultrapassam fronteiras e podem colocar uma empresa a frente de qualquer mercado.

A figura 22 mostra a junção das etapas da proposta de implementação de uma forma mais ampliada e proporcionando uma visão panorâmica, o que auxiliará no entendimento do processo de aplicação.

Figura 22 Visão Geral da Proposta



Fonte: Autor (2016)

Tendo como principal objetivo a captação e análise das características da Indústria 4.0 e seus métodos indispensáveis, avaliou-se suas capacidades de utilização na área de logística, potencializando, assim, a sua utilização. Essa proposta, além de ser uma base para implementação, também é considerada uma forma de conduzir uma futura pesquisa.

Com efeito, a proposta explicou quais tecnologias da base da Indústria 4.0 podem ser utilizadas na área de logística, bem como detalhou toda a ação desenvolvida nelas. Sendo assim, como consequência do método (caminho) da implementação, mudanças na empresa ou indústria são necessárias para gerar um efeito positivo. Para isso, criou-se o caminho estratégico de implementação, o qual compreende diversas mudanças de estrutura, aprendizado e, principalmente, aceitação desse novo conceito. Por fim, acredita-se que, consolidando e entendendo bem todas as estruturas de implementação, é possível fazer parte dessa nova revolução.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da Revisão Sistemática da Literatura e do levantamento bibliométrico realizados, foi possível identificar o crescimento do interesse em pesquisas relacionadas aos temas da Indústria 4.0, tendo em vista que é um tema muito atual e, apesar de ainda parecer muito distante, já está sendo utilizado por muita empresas.

Indústria 4.0 abrange um enorme número de componentes e termos técnicos, como os sistemas Cyber-físicos, os quais incluem os sistemas RFID, IoT e loS. A partir destes sistemas Cyber-físicos, pode-se coletar, analisar e compartilhar informações essenciais do produto com a internet como um meio de comunicação.

Especificando a área da Logística dentro da Indústria 4.0, foi possível analisar a importância que essas tecnologias irão ter. O termo “Logística 4.0” vai estar muito presentes nos próximos anos, que pode ser resumido como processos logísticos e de cadeia de suprimentos, que são suportados por sensores inteligentes (sistemas RFID), software embutido e bancos de dados, a partir dos quais as informações relevantes do produto são fornecidas e compartilhadas via Internet (IoT). Um grande grau de automação pode ser alcançado e a logística pode ser vista como uma rede onde todo o maquinário pode se comunicar entre si e com os seres humanos.

Sendo a cadeia de suprimentos a base da logística industrial, o uso da Internet e a transformação digital gerada em virtude disso, irá criar um único banco de dados, ou seja, resultará em uma cadeia totalmente eficiente e muito mais inteligente. Vale ressaltar que ao se referir ao termo logística, inclui-se desde a produção até a entrega. Ademais, como existe uma busca constante por vantagens competitivas, acredita-se que essa revolução aumentará consideravelmente essa busca.

Assim, ao desenvolver o objetivo geral do trabalho, no qual foi desenvolver uma proposta de implementação da Indústria 4.0 na área de logística, simplifica a ideia e mostra que essa nova revolução não está tão distante, bem como que esse começo serve para o aperfeiçoamento da ideia e de mudanças. Aceitar e acreditar que sua empresa ou processo pode aderir a essas inovações tecnológicas lhe trará enorme benefícios no futuro, razão pela qual é de suma importância estar cada vez mais atualizado nesse mundo, onde a busca pelo destaque mundial está cada vez maior.

Cumprido ressaltar que estas tecnologias não se destinam a substituir os seres humanos em seus empregos ou acarretar o desemprego, mas que têm o objetivo de servir à humanidade, melhorar a qualidade do trabalho humano e proporcionar empregos mais seguros. Além disso, também gera um enorme alerta para estudantes e empresários, para que se adaptem e conheçam essas novas mudanças e tecnologias, pois pode gerar um diferencial no mercado.

A maior dificuldade encontrada para desenvolver esse trabalho foi na escassez de referências e dados sobre a Indústria 4.0 na área da logística, visto que ainda não foi muito aplicada.

5.1 Pesquisas Futuras

Por conseguinte, em prol das pesquisas futuras, recomenda-se:

- Desenvolver estudos sobre a viabilidade técnica e econômica da aplicação da Indústria 4.0;
- Aplicar a prática de uma dessas tecnologias para que, assim, possam ser comparados os resultados do que normalmente é feito atualmente, com as mudanças que estão por vir;
- Analisar quais impactos que a implementação da Indústria 4.0 irão causar na forma de trabalho de uma empresa;

- Examinar quais mudanças e impactos essa implementação causaria na mobilidade urbana, juntamente com as mudanças nos meios de transporte.

REFERÊNCIAS

ADAMIAN, R; MEDINA, H V.; WEISZ, J. Novos materiais: tecnologia e aspectos econômicos. In: **Novos materiais: tecnologia e aspectos econômicos**. COPPE/UFRJ, 2009.

AFONSO, M.H.F. et al. Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo Proknow-C na busca de literatura sobre a avaliação do desenvolvimento sustentável. **RGSA: Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 05, p. 47 – 62, 2012.

AHSAN, Kamran. RFID components, applications and system integration with healthcare perspective. **INTECH Open Access Publisher**, 2011.

B&R. **Industry 4.0 in action**. 2014. Disponível em: < <https://www.br-automation.com/pt-br/empresa/customer-magazine/industry-40-br/> >. Acesso em: 07 out. 2016.

BACHU, V. K et al. A Review of RFID Technology. **International Journal of Engineering Sciences & Research Technology**, v. 2(10). p. 2760-2762. 2013.

BHUPTANI, M.; MORADPOUR, S. 2005 **RFID: implementando o sistema de identificação por radiofrequência**. São Paulo: Revista, IMAM, 2005.

BLANCHET, M. et al Industry 4.0: The new industrial revolution. **How Europe will succeed: RolBerger Strategy Consultants GMBH**, 2014

BRUNO GOMES (Firjan). **Indústria 4.0**. 2016. Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A555B47FF01557D8802C639A4&inline=1>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

CREATION, H. I. **How Industry 4.0 is changing and how we manage value creation**. 2015. Disponível em: < <http://www.horvath-partners.com/en/publications/featured-articles-interviews/detail/how-industry-40-is-changing-how-we-manage-value-creation/> > Acesso em: 15 nov. 2016.

DE BRITO, R; BERARDI, P. Vantagem Competitiva Na Gestão Sustentável Da Cadeia De Suprimentos: Um Metaestudo/Competitive Advantage And Sustainable Supply Chain Management. **Revista de administração de empresas**, v. 50, n. 2, p. 155, 2010.

DE FARIAS FRAGA, M. et al Logística 4.0: conceitos e aplicabilidade – uma pesquisa ação para o mercado automobilístico. **Caderno PAIC**, v. 17, n. 1, p. 111-117, 2016.

DEUTSCHE BANK. **Deutsche Bank Research. Industry 4.0: upgrading of Germany,s industrial capabilities on the horizon**. 2014. Disponível em:< http://www.i40.de/wp/wp-content/uploads/2015/04/Industry-4_0-Upgrading-ofGermany%E2%80%99s-industrial-capabilities-on-the-horizon.pdf>. Acesso em: 05 set. 2016.

DICKENS, P.; KELLY, M.; WILLIAMS, J. R. What are the significant trends shaping technology relevant to manufacturing. **Foresight Government Office for Science, Future of Manufacturing Project, Evidence Paper**, v. 6, 2013.

EINSIEDLER, I. Embedded Systeme für Industrie 4.0. **Product. Manag.** v. 18, p. 26–28, 2013.

ENSSIN, L. et al. Um estudo sobre segurança em estádios de futebol baseado na análise da literatura internacional. **Perspectivas em Ciências da Informação**. V. 17, n. 02, p. 1 – 40, 2012.

ENSSLIN, L. et al. **ProKnow-C, Knowledge Development Process-Constructivist**. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasil, 2010.

FLEURY, A.; FLEURY, M. **Aprendizagem e inovação organizacional: as experiências de Japão, Coréia e Brasil**. Atlas, 1995.

FLEURY, P.F. K., W, P. (org.). **Logística Empresarial: A Perspectivas Brasileira**. Coleção COPPEAD de Administração. São Paulo: Atlas, 2000. Acesso: em 08 ago. 2016.

FORESIGHT. **The Future of Manufacturing: a newera of opportunity and challenge for the UK**. Summary Report. The Government Office for Science, London, 2013.

GONÇALVES, C. A.; C.G.; NETO, M.T. R. **Estratégia empresarial: o desafio nas organizações**. São Paulo: Saraiva, 2006.

HASHEMI, Ali; SARHADDI, Amir Hossein; EMAMI, Hossein. A review on chipless RFID tag design. **Majlesi Journal of Electrical Engineering**, v. 7, n. 2, p. 68-75, 2013.

HEBER,A. **Business Insider**. Disponível em: <<http://www.businessinsider.com.au/chart-by-2020-theres-going-to-be-six-times-more-devices-connected-to-the-internet-than-people>>. Acesso em: 10 maio 2016.

HERMANN, M PENTEK, T.; OTTO, B. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. In: **2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)**. IEEE, 2016. p. 3928-3937.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design principles for industry 4.0 scenarios**. 2015.

IMAM. **INDUSTRY 4.0**. 2015. Disponível em: <<http://www.imam.com.br/logistica/artigos/serie-tecnologia-da-informacao/2278-industry-4-0>>. Acesso em: 09 ago. 2016.

INDUSTRIE 4.0 WORKING GROUP et al. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. **Final report, April, 2013**.

JULIANELLI, L. **Internet das Coisas**. 2015. Disponível em: <<http://www.ilos.com.br/web/internet-das-coisas-iot/>> Acesso em: 07 nov. 2016

LACERDA, R.T.O. et al. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, v.19, n. 01, 2012.

LASI, H. et al. Industry 4.0. **Business & Information Systems Engineering**, v. 6, n. 4, p. 239, 2014.

LAURETH, W. C. (2014). Convergência Tecnológica, Educação E Trabalho: Do Discurso Social Global Aos Desafios Regionais. **Revista da ABET**. Acesso: em 07 ago. 2016.

LEE, J; BAGHERI, B; KAO, H. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, v. 3, p. 18-23, 2015.

MONTEIRO, A.; BEZERRA, A. Vantagem competitiva em logística empresarial baseada em tecnologia de informação. **VI SemeAd,-FEA/USP, São Paulo, 2003**.

MORAES, J. A **Quarta Revolução Industrial: Internet Industrial e o Projeto de Desenvolvimento Digital Alemão**, 2016.

MOTOROLA. **Advantages of RFID in transportation and logistics**. 2014. Disponível em: <<http://logistics-alliance.eu/wp-content/uploads/2016/01/Motorola.pdf>> Acesso em: 02 nov. 2016.

MOURA, B. **Logística: conceitos e tendências**. Centro Atlantico, 2006.

NAZÁRIO, P. A importância de sistemas de informação para a competitividade logística. **Revista Tecnológica, São Paulo, ano**, v. 5, 1999.

NEUMANN, E; PRUSAK, L. Knowledge networks in the age of the Semantic Web. **Briefings in bioinformatics**, v. 8, n. 3, p. 141-149, 2007.

OBITKO, M; JIRKOVSKÝ, V. Big data semantics in industry 4.0. In: **International Conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems**. Springer International Publishing, 2015. p. 217-229.

OLIVEIRA, C. **Inovação: da tecnologia, do produto e do processo**. Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2003.

OLIVEIRA, U. MARINS, F.; JÚNIOR, J. Logística reversa e identificação de produtos: revisão teórica para indústria eletroeletrônica. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 2, p. 633-677, 2016.

PEDROSO, M. C.; ZWICKER, R.; SOUZA, C. A. Adoção de RFID no Brasil: Um estudo exploratório. **Administração Mackenzie**, v. 10, p. 12-36, 2009.

PERAZZA, F. **O Que é mudança organizacional**. 2011. Disponível em: <<http://mudancaorganizacional.blogspot.com.br/2011/03/o-que-e-mudanca-organizacional.html>> Acesso em: 15 nov. 2016.

PORTER, M. E. Cluster and the new economics of competition. 1998.

PORTER, M. E. **Competição: estratégias competitivas essenciais**. Gulf Professional Publishing, 1999.

PREMM, M. KIRN, S. A Multiagent Systems Perspective on Industry 4.0 Supply Networks. In: **German Conference on Multiagent System Technologies**. Springer International Publishing, 2015. p. 101-118.

PwC **.Indústria 4.0 como vantagem competitiva no Brasil**. 2016 Disponível em: <<https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/servicos/assets/consultoria-negocios/2016/pwc-industry-4-survey-16.pdf>> Acesso em: 07 nov. 2016.

R. F. (GROUP). **Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0**. 2013. Disponível em: <<http://www.acatech.de/de/publikationen/stellungnahmen/kooperationen/detail/artikel/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-40-final-report-of-the-industr.html>> Acesso em: 02 nov. 2016.

RAJKUMAR, R. A cyber–physical future. **Proceedings of the IEEE**, v. 100, n. Special Centennial Issue, p. 1309-1312, 2012.

RENATO FONSECA (CNI). **Desafios da Indústria 4.0 no Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://www.pedbrasil.org.br/ped/artigos/079F8BA3E7E5281B.0%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

RIBEIRO, P; FERREIRA, K. Logística e transportes: uma discussão sobre os modais de transporte e o panorama brasileiro. **XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2002.

SAENZ, W.; CAPOTE, E. **Ciência, inovação e gestão tecnológica**. CNI, SESI, SENAI, IEL, 2002.

SANTOS, P. **Tecnologia Você está preparado para viver a revolução da indústria 4.0?** .2015. Disponível em: <<http://computerworld.com.br/tecnologia/2015/03/25/voce-esta-preparado-para-viver-a-revolucao-da-industria-4-0>> Acesso em: 07 ago. 2016.

SILVEIRA, C. **O Que é Indústria 4.0 e Como Ela Vai Impactar o Mundo**, 2015. Disponível em: <<http://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>> Acesso em: 15 jun. 2016.

SUN, C. Application of RFID technology for logistics on internet of things. **AASRI Procedia**, v. 1, p. 106-111, 2012.

TASCA, J.E. et al. An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. **Journal of European Industrial**, v. 34, n. 07, p. 631 – 655, 2010.

UCKELMANN, D. A definition approach to smart logistics. In: **International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking**. Springer Berlin Heidelberg, 2008. p. 273-284.

VYATKIN, Valeriy et al. Now That's Smart!. **IEEE Industrial Electronics Magazine**, v. 1, n. 4, p. 17-29, 2007.

VILELA, L. Aplicação do PROKNOW-C para seleção de um portfólio bibliográfico e análise bibliométrica sobre avaliação de desempenho da gestão do conhecimento. **Revista Gestão Industrial**, v. 8, n. 1, 2012.

Wegener, D. **Industry 4.0 - Vision and mission at the same time. Industry 4.0- Opportunities and challenges of the industrial internet**. 2015.

ZHONG, L; DONG-SHENG, Y; DING, W; WEI-MING, Z WENJI, M. Cyber-Physical-Social Systems for Command and Control. **IEEE Intelligent Systems**, v. 26, n. 4, p. 92-96, 2011.