

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO – PPGA  
CURSO DE MESTRADO**

**GUILHERME SIRTORI**

**COMPRAS 4.0: UM ESTUDO DE CASO MÚLTIPLO DA  
INDÚSTRIA 4.0 NO PROCESSO DE COMPRAS INDUSTRIAIS**

**CAXIAS DO SUL**

**2019**

**GUILHERME SIRTORI**

**COMPRAS 4.0: UM ESTUDO DE CASO MÚLTIPLO DA  
INDÚSTRIA 4.0 NO PROCESSO DE COMPRAS INDUSTRIAIS**

Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo colegiado do Mestrado em Administração da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Título de Mestre em Administração.

Área de concentração: Inovação e Competitividade.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Larentis

**CAXIAS DO SUL**

**2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Universidade de Caxias do Sul  
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

S621c Sirtori, Guilherme

Compras 4.0 : um estudo de caso múltiplo da indústria 4.0 no  
processo de compras industriais / Guilherme Sirtori. – 2019.

131 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa  
de Pós-Graduação em Administração, 2019.

Orientação: Fabiano Larentis.

1. Compras. 2. Indústrias. 3. Revolução industrial. I. Larentis,  
Fabiano, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 005.932.2

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)  
Carolina Machado Quadros - CRB 10/2236

**GUILHERME SIRTORI**

**COMPRAS 4.0: UM ESTUDO DE CASO MÚLTIPLO DA  
INDÚSTRIA 4.0 NO PROCESSO DE COMPRAS INDUSTRIAIS**

Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo colegiado do Mestrado em Administração da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Título de Mestre em Administração.

**Aprovado em: 31 / 07 / 2019.**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Fabiano Larentis  
Universidade de Caxias do Sul – UCS

---

Prof. Dr. Ademar Galelli  
Universidade de Caxias do Sul – UCS

---

Profa. Dra. Ana Cristina Fachinelli  
Universidade de Caxias do Sul – UCS

---

Prof. Dr. Vilmar Antônio Gonçalves Tondolo  
Universidade Federal de Pelotas – UFPel

## RESUMO

A indústria sempre foi um importante elo no desenvolvimento da humanidade. A busca por meios de produção que facilitem a vida dos seres humanos, aliada ao lucro que isso proporciona, motivou continuamente o aprimoramento das indústrias. Combinada à novas tecnologias, também determinou grandes marcos na transição dos processos de manufatura, denominadas revoluções. A primeira delas ocorreu através da mecanização, com as máquinas a vapor e carvão. A segunda trouxe os primeiros conceitos de produção em massa e linha de montagem, alimentada pelo petróleo e eletricidade. Na terceira, a produção foi automatizada, utilizando computadores e robôs. Finalmente, na quarta, a produção foi conectada e se tornou inteligente, com máquinas conversando entre si, com os seres humanos, tomando decisões e coletando uma infinidade de dados em todo processo, eis a “indústria 4.0”. Nesse contexto, as formas que muitas atividades industriais ocorrem estão passando por uma nova transformação e surge a necessidade de compreender como os processos das empresas, tais quais seus diferentes departamentos, estão se comportando frente à quarta revolução industrial. Assim, o objetivo desta dissertação é analisar como os componentes e princípios da indústria 4.0 podem estar presentes nos processos de compras de um segmento de empresas Brasileiro. Para tal, participaram do estudo as quatro empresas de maior faturamento filiadas ao Sindicato das Empresas Mecânicas, Metalúrgicas e de Material Elétrico de Caxias do Sul e região (SIMECS). Para o alcance desse objetivo, optou-se pelo desenvolvimento de uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e objetivos exploratório-descritivos, delineados através de um estudo de múltiplos casos. Foi elaborado um roteiro de entrevistas semiestruturadas e aplicadas junto aos profissionais de compras do segmento industrial referido. Como critério de qualidade do estudo, foram triangulados relatos, observação direta e pesquisa documental. A análise desses dados foi efetuada por meio do *software* NVivo, ferramenta que permite aplicar o método de interpretação de análise de conteúdo, e do *software* Microsoft Excel, o qual apoiou na tabulação de dados e transformação dos mesmos em formato gráfico para facilitar a exposição do que foi analisado. Por fim, essa dissertação buscou complementar os conhecimentos científicos já evidenciados na área de compras empresariais, e assim, possibilitar sua evolução por meio do acompanhamento da vanguarda do desenvolvimento industrial no que tangem seus processos, a indústria 4.0. Os resultados encontrados a partir desta análise permitiram o desenvolvimento do esquema conceitual proposto, um fluxograma funcional de atividades, que identificou interações possíveis entre componentes e, sobretudo, princípios da indústria 4.0 com as atividades do setor de compras. Nelas, se evidenciou a possibilidade real de automatizar processos através da adoção de uma visão com foco nos princípios da indústria 4.0 para parametrização de elementos já presentes em seu cotidiano, sem a necessidade de investimentos vultuosos. Deste modo, foram apresentadas oportunidades de melhoria em processos, ferramentas, registros e ações por meio do aprofundamento da aplicação desse conceito, denominado Compras 4.0.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0. Quarta revolução industrial. Processos de compras. Compras 4.0. Segmento metal mecânico e elétrico.

## ABSTRACT

Industry has always been an important link in the development of humanity. The search for means of production that make life easier for human beings, coupled with the profit it provides, has continually motivated the improvement of industries. Combined with new technologies, it has also set great milestones in the transition of manufacturing processes called revolutions. The first of these occurred through mechanization with steam and coal machines. The second brought the first concepts of mass production and assembly line, fueled by oil and electricity. In the third, production was automated using computers and robots. Finally, on Wednesday, production was connected and became intelligent, with machines talking to each other, to humans, making decisions and collecting a plethora of data throughout the process, here is "industry 4.0". In this context, the ways in which many industrial activities take place are undergoing a new transformation and the need arises to understand how the processes of companies, such as their different departments, are behaving in the face of the fourth industrial revolution. Thus, the objective of this project is to analyze how the components and principles of industry 4.0 may be present in the purchasing processes of a Brazilian business segment. To this end, the study included the four companies with the highest revenue affiliated to the Union of Mechanical, Metallurgical and Electrical Material Companies of Caxias do Sul and region (SIMECS). In order to achieve this objective, it was decided to develop an applied research, with a qualitative approach and exploratory-descriptive objectives, outlined through a multiple case study. A script of semi-structured interviews was prepared and applied to the purchasing professionals of the referred industrial segment. As a criterion of study quality, reports, direct observation and documentary research were triangulated. The analysis of these data was performed using NVivo software, a tool that allows the application of the content analysis interpretation method, and Microsoft Excel software, which supported the tabulation of data and its transformation into graphic format to facilitate the exposure of the data that was analyzed. Finally, this project sought to complement the scientific knowledge already evidenced in the area of corporate purchasing, and thus, enable its evolution by following the cutting edge of industrial development with regard to its processes, industry 4.0. The results found from this analysis allowed the development of the proposed conceptual scheme, a functional activity flowchart, which identified possible interactions between components and, above all, industry 4.0 principles with the purchasing sector activities. These evidenced the real possibility of automating processes by adopting a vision focused on industry 4.0 principles for parameterization of elements already present in their daily lives, without the need for large investments. Thus, opportunities for improvement in processes, tools, records and actions were presented by deepening the application of this concept, called Purchasing 4.0.

**Keywords:** Industry 4.0. Fourth industrial revolution. Purchasing process. Procurement 4.0. Metal mechanical and electrical sector.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Figura conceito da Dissertação de Mestrado .....	22
Figura 2 - Evolução das Revoluções Industriais.....	27
Figura 3 - Origens da quarta revolução industrial.....	28
Figura 4 - Componentes da Indústria 4.0 .....	30
Figura 5 - Interoperabilidade na Indústria 4.0.....	36
Figura 6 - Mudanças no processo de desenvolvimento .....	41
Figura 7 - Mudanças no processo de produção .....	43
Figura 8 - Síntese procedimentos metodológicos .....	52
Figura 9 - Dados participantes .....	54
Figura 10 – Protocolo de pesquisa documental .....	56
Figura 11 – Protocolo de observação participante .....	57
Figura 12 - Roteiro de entrevista (parte 1) .....	59
Figura 13 - Roteiro de entrevista (parte 2) .....	60
Figura 14 - Relação de entrevistados.....	61
Figura 15 - Triangulação .....	62
Figura 16 - Conceitos teóricos, categorias, delineamento e codificação.....	66
Figura 17 - Categorização .....	67
Figura 18 - Gráfico de hierarquia Empresa 1 .....	69
Figura 19 - Nuvem de palavras Empresa 1 .....	71
Figura 20 - Gráficos radar compilação de dados Empresa 1 .....	74
Figura 21 - Gráfico de hierarquia Empresa 2 .....	76
Figura 22 - Nuvem de palavras Empresa 2.....	78
Figura 23 - Gráficos radar compilação de dados Empresa 2 .....	81
Figura 24 - Gráfico de hierarquia Empresa 3 .....	83
Figura 25 - Nuvem de palavras Empresa 3.....	87
Figura 26 - Gráficos radar compilação de dados Empresa 3 .....	89
Figura 27 - Gráfico de hierarquia Empresa 4 .....	91
Figura 28 - Nuvem de palavras Empresa 4.....	94
Figura 29 - Gráficos radar compilação de dados Empresa 4 .....	99
Figura 30 - Gráfico de hierarquia compilação geral das empresas .....	101
Figura 31 - Nuvem de palavras compilação geral das empresas.....	101
Figura 32 - Gráficos radar compilação geral das empresas.....	103

Figura 33 - Esquema conceitual proposto.....	105
Figura 34 - Carta de intenção de pesquisa para sindicato que representa os participantes da pesquisa.....	116
Figura 35 - Lei de Zipf, Lotka e Bradford termo “ <i>purchasing 4.0</i> ”.....	117
Figura 36 - Lei de Zipf termo “ <i>industry 4.0</i> ”.....	117
Figura 37 - Lei de Lotka termo “ <i>industry 4.0</i> ”.....	117
Figura 38 - Lei de Bradford termo “ <i>industry 4.0</i> ”.....	118
Figura 39 - Lei de Zipf termo “ <i>purchasing</i> ” and “ <i>industry 4.0</i> ”.....	118
Figura 40 - Lei de Lotka termo “ <i>purchasing</i> ” and “ <i>industry 4.0</i> ”.....	118
Figura 41 - Lei de Bradford termo “ <i>purchasing</i> ” and “ <i>industry 4.0</i> ”.....	119
Figura 42 - Lei de Zipf, Lotka e Bradford termo “ <i>purchasing 4.0</i> ”.....	120
Figura 43 - Lei de Zipf termo “ <i>industry 4.0</i> ”.....	120
Figura 44 - Lei de Lotka termo “ <i>industry 4.0</i> ”.....	120
Figura 45 - Lei de Bradford termo “ <i>industry 4.0</i> ”.....	121
Figura 46 - Lei de Zipf termo “ <i>purchasing</i> ” and “ <i>industry 4.0</i> ”.....	121
Figura 47 - Lei de Zipf termo “ <i>purchasing 4.0</i> ”.....	122
Figura 48 - Lei de Zipf termo “ <i>industry 4.0</i> ”.....	122
Figura 49 - Lei de Bradford termo “ <i>purchasing</i> ” and “ <i>industry 4.0</i> ”.....	122
Figura 50 - Lei de Zipf termo “ <i>compras 4.0</i> ”.....	123
Figura 51 - Lei de Zipf termo “ <i>indústria 4.0</i> ”.....	123
Figura 52 - Lei de Zipf termo “ <i>compras</i> ” e “ <i>indústria 4.0</i> ”.....	123
Figura 53 - Primeira validação Dr. Rogério Gava.....	128
Figura 54 - Primeira validação Dr. Fabiano Larentis.....	128
Figura 55 - Segunda validação Dr. Fabiano Larentis.....	128
Figura 56 - Primeira validação Dra. Cléa Beatriz Macagnan.....	129
Figura 57 - Segunda validação Dra. Cléa Beatriz Macagnan.....	129
Figura 58 - Primeira validação Dr. Guilherme Malafaia.....	129
Figura 59 - Segunda validação Dr. Guilherme Malafaia.....	129

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da Lei de Zipf nas diferentes bases .....	19
Tabela 2 - Resultado da Lei de Lotka nas diferentes bases.....	20
Tabela 3 - Resultado da Lei de Bradford nas diferentes bases.....	20

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CPS	<i>Cyber Physical Systems</i> (Sistemas Cyber Físicos)
EDI	<i>Electronic Data Interchange</i> (Intercâmbio eletrônico de dados)
I4	Indústria 4.0
IoS	<i>Internet of Services</i> (Internet dos Serviços)
IoT	<i>Internet of Things</i> (Internet das Coisas)
IoTS	<i>Internet of Things and Services</i> (Internet das Coisas e Serviços)
NDLTD	<i>Networked Digital Library of Theses and Dissertations</i> (Biblioteca Digital em Rede de Teses e Dissertações)
OECD	<i>Organization for Economic Cooperation and Development</i> (Organização da Cooperação e Desenvolvimento Econômico)
PPGA	Programa de Pós-Graduação em Administração
RFI	<i>Request For Information</i> (Solicitação de Informação)
RFP	<i>Request For Proposal</i> (Solicitação de Proposta)
RFQ	<i>Request For Quotation</i> (Solicitação de Quotação)
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i> (Identificador de Rádio Frequencia)
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
RWTH	<i>Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule</i> (Universidade de Tecnologia Rheinisch Westfälische)
SIMECS	Sindicato das Indústrias Metalúrgicas, Mecânicas e de Material Elétrico de Caxias do Sul
TI	Tecnologia da Informação
UCS	Universidade de Caxias do Sul
WS	<i>Web of Science</i> (Rede da Ciência)
WWW	<i>World Wide Web</i> (Rede Mundial de Computadores)

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA E DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA.....	12
1.2 OBJETIVOS .....	16
1.2.1 Objetivo geral .....	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA .....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
2.1 REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS.....	23
2.2 ORIGEM DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL .....	27
2.3 COMPONENTES DA INDÚSTRIA 4.0 .....	28
2.3.1 Sistemas Ciber Físicos – CPS ( <i>Cyber Physical Systems</i> ).....	30
2.3.2 <i>Internet</i> das Coisas – IoT ( <i>Internet of Things</i> ) .....	32
2.3.3 <i>Internet</i> dos Serviços – IoS ( <i>Internet of Services</i> ) .....	33
2.3.4 Fábricas Inteligentes ( <i>Smart Factories</i> ).....	34
2.4 PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0 .....	34
2.4.1 Interoperabilidade.....	35
2.4.2 Modularidade.....	36
2.4.3 Capacidade em tempo real .....	37
2.4.4 Descentralização .....	38
2.4.5 Virtualização.....	39
2.4.6 Orientação a serviço .....	40
2.5 AS MUDANÇAS NOS PROCESSOS DAS EMPRESAS CAUSADAS PELA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	40
2.6 PROCESSO DE COMPRAS .....	44
2.7.1 Seleção de fornecedores.....	46
2.7.2 Negociação e estabelecimento de contratos.....	47
2.7.3 Atividades de abastecimento.....	48
2.7.4 Avaliação de desempenho de fornecedores .....	49
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	51
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	51
3.2 UNIDADE DE ANÁLISE E PARTICIPANTES DO ESTUDO .....	52
3.3 COLETA DE DADOS .....	54

3.3.1 Pesquisa documental .....	55
3.3.2 Observação direta .....	56
3.3.3 Entrevista semiestruturada.....	57
3.3.4 Processo de triangulação .....	62
3.4 ANÁLISE DE DADOS.....	63
3.4.1 Análise de conteúdo .....	63
3.4.2 Codificação e categorização .....	64
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	68
4.1 EMPRESA 1 .....	69
4.2 EMPRESA 2.....	76
4.3 EMPRESA 3.....	83
4.4 EMPRESA 4.....	91
4.5 COMPILAÇÃO GERAL DAS EMPRESAS .....	101
4.6 ESQUEMA CONCEITUAL PROPOSTO .....	105
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	106
5.1 CONTRIBUIÇÕES PARA A TEORIA E PESQUISA .....	107
5.2 CONTRIBUIÇÕES PARA A PRÁTICA ORGANIZACIONAL .....	108
5.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS..	108
REFERÊNCIAS.....	110
APÊNDICE A – CARTA DE INTENÇÃO DE PESQUISA PARA SINDICATO QUE REPRESENTA OS PARTICIPANTES DA PESQUISA .....	116
APÊNDICE B – RESULTADOS BIBLIOMETRIA BASE DE DADOS SCOPUS .....	117
APÊNDICE C – RESULTADOS BIBLIOMETRIA BASE DE DADOS WS .....	120
APÊNDICE D – RESULTADOS BIBLIOMETRIA BASE DE DADOS NDLTD .....	122
APÊNDICE E – RESULTADOS BIBLIOMETRIA BASE DE DADOS BDTD.....	123
APÊNDICE F – QUESTÕES VALIDADAS.....	124
APÊNDICE G – RETORNO DE PROFESSORES ESPECIALISTAS QUE VALIDARAM A PESQUISA.....	128
APÊNDICE H – TERMO DE CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO EM ESTUDO DE CASO .....	130
APÊNDICE I – TERMO DE CONSENTIMENTO DE ENTREVISTAS .....	131

## 1 INTRODUÇÃO

A sobrevivência impõe variados desafios à sociedade humana. Um dos mais intensos é moldar as novas tecnologias descobertas para aumentar a qualidade de vida da população, sem que essa transformação impacte negativamente na disponibilidade dos recursos naturais e estilo de vida das pessoas. A nova revolução industrial que está iniciando muda drasticamente a forma de viver, trabalhar e nos relacionar uns com os outros (KAGERMANN, 2016).

Mesmo nas indústrias, berço dessa nova revolução, enfrentam-se resistências internas dada a quebra de paradigma que isto representa, na qual a produção em massa não é mais o único foco. Os objetivos anteriores, voltados em aumentar a eficiência e produtividade de itens seriados, hoje têm que responder a uma demanda flexível, que aumenta a complexidade de suas tarefas (CHIANG, 2016; KUO, 2017).

Há uma curva de aprendizagem exponencial que está em curso, tanto na forma de produzir, quanto na forma de consumir produtos e serviços, que gera a necessidade de potencializar o entendimento em todos os enfoques (JESCHKE, 2016). Para atender essa nova exigência, não apenas a manufatura, mas todos os processos das empresas precisarão adequar-se (CHIANG, 2016; KUO, 2017).

Em uma empresa grande parte dos recursos obtidos é demandada na contratação de serviços e compra de suprimentos, assim, as empresas precisam gerenciar suas negociações de maneira eficaz para se manterem competitivas. Mediante o exposto, aliado a dinâmica de mudanças imposta pela nova revolução industrial, a área de compras se tornou estratégica para as organizações, pois suas ações influenciam as demais áreas da empresa, e não só isso, também fornecedores, tornando-se o cerne da cadeia de suprimentos (MACAGNAN et. al., 2010; BOZARTH; HANDFIELD, 2015; BAG et al. 2019).

Sob esta ótica, o estudo desses dois elementos referidos: uma nova revolução industrial, aliada dos processos de uma área que movimenta grande parte de seus recursos, pode ser um fator chave para organizações de diferentes segmentos de vislumbrarem as principais oportunidades, desafios e barreiras para aumentar sua competitividade por meio da inovação (BIENHAUS; HADDUD, 2017; YEVU; YU, 2019). Assim, a temática deste estudo está direcionada à análise de como os componentes e princípios da Indústria 4.0 podem estar presentes nos processos de compras de um segmento empresarial Brasileiro.

Para tal, essa dissertação está dividida em seis capítulos: o primeiro traz a introdução, subdividida pela delimitação do tema e definição do problema de pesquisa, o objetivo geral, os objetivos específicos e a justificativa, relevância e delimitação do estudo; o segundo apresenta o referencial teórico pertinente ao escopo do trabalho, trazendo o embasamento teórico necessário para desenvolver os objetivos desta dissertação. Nesse sentido, inicia-se pela cronologia das revoluções industriais anteriores, de modo a possibilitar a compreensão das origens da Indústria 4.0 e posteriormente apresentar seus componentes e princípios.

Após isso, aproxima-se o tema das mudanças que estão ocorrendo, para finalmente aprofundar-se em um setor específico: as compras industriais; o terceiro capítulo aborda a metodologia utilizada na elaboração deste estudo; o quarto a análise dos dados e discussão dos resultados; o quinto expõe as considerações finais e limitações do estudo; e, por fim, no sexto, evidenciam-se as referências bibliográficas consultadas ao longo do processo de pesquisa.

## 1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA E DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

As pessoas já estão habituadas com a ideia de que as inovações tecnológicas mudam drasticamente suas rotinas. Talvez, não tenham ciência da dimensão exata do que está por vir, mas moldam-se rapidamente às transformações que surgem, em razão de que normalmente elas vêm a facilitar suas vidas. Tais afirmações são evidenciadas através das mudanças de hábitos ocorridas durante e após as revoluções industriais, as quais representaram um marco inicial de mudanças, entretanto não possuem uma data final (LI, 2018; BAG et al. 2019).

Até hoje a sociedade utiliza-se de conceitos como a mecanização da primeira revolução, tais quais as fontes de energia e conceitos de produção em massa desenvolvidas na segunda, e também, a automação e o advento dos computadores pessoais da terceira. Desse modo, um grande número de pessoas já utiliza componentes e aplica princípios da quarta revolução industrial, entretanto não possui clareza, bem como subutiliza suas possibilidades em processos simples por não saber totalmente como aplicar suas funcionalidades (JESCHKE, 2017; YEVU; YU, 2019).

Em relação à Indústria 4.0 não se pode limitar o pensamento à robótica e automação da produção, pois para que funcione minimamente, a digitalização dos processos deve abranger o pensamento de negócio como um todo.

Há receio em certos nichos da sociedade de que a nova revolução industrial venha acabar com a oferta de empregos, todavia essa é uma visão incorreta das suas reais intenções (KANE et al., 2015; SCHLECHTENDAHL et al., 2015).

Na Indústria 4.0 espera-se apenas eliminar toda e qualquer atividade de lógica e execução repetitiva, entretanto definitivamente as pessoas ainda serão necessárias, pois ainda terão que usar seus cérebros para resolver situações complexas de distúrbios e oportunidades de melhoria ainda não mapeadas. Seu valor adicionado ao processo estará naquilo que não está ao alcance das máquinas: criar novos produtos, *softwares* ou soluções e transformar dados em informações, que facilitem a vida dos humanos (KANE et al., 2015; SCHLECHTENDAHL et al., 2015; YEVU; YU, 2019).

A escala, o escopo, a complexidade, a velocidade e a amplitude ainda necessitam ser totalmente compreendidas, tendo em vista o poder dado por uma antes inimaginável quantidade de dispositivos conectados em redes, os quais geram processamento de dados, informações e acesso ao conhecimento, sem precedentes na história. Muitas dessas inovações e avanços tecnológicos já existem há tempos, entretanto terão suas performances amplificadas pela fusão de tecnologias nos mundos físico e digital, remodelando e influenciando sistemas de produção, consumo e transporte das indústrias (KAGERMANN, 2016; BIENHAUS; HADDUD, 2017).

Como visto, a interconectividade entre os diferentes setores está implicando em todos coletivos humanos, sejam eles governos, empresas, instituições de ensino e sociedade civil. Esses, possuem uma nova responsabilidade: trabalhar em conjunto para entender e aplicar as tendências emergentes. Esse entendimento compartilhado é fundamental para que a união de seus saberes reflita os objetivos e valores comuns no futuro, por meio de uma visão abrangente e globalmente compartilhada de mudanças tão profundas e disruptivas (KAGERMANN, 2016; BAG et al. 2019).

Os quatro impactos principais da quarta revolução industrial nos negócios das indústrias são que: (i) as expectativas do cliente estão mudando; (ii) os produtos estão sendo aprimorados pelos dados, algo que aumenta a produtividade dos ativos; (iii) novas parcerias estão sendo formadas à medida que as empresas aprendem a importância de novas formas de colaboração; e, (iv) os modelos operacionais estão sendo transformados em novos modelos digitais (SCHWAB, 2016).

Tal valor de negócio inerente à tecnologia é significativamente maior do que o refletida pelo número de dispositivos. A tendência é de que a quarta revolução industrial está levando em direção do estabelecimento de um canal de comunicação

para um contínuo intercâmbio de informações, na maioria dos casos entre próprias máquinas. O propósito dessa automação é a adaptação individual orientada para o cliente de produtos e serviços, aumentando o valor agregado para organizações e clientes através de tecnologia computacional (KAGERMANN, 2013).

Computadores são hábeis naquilo que as aplicações podem prever, sendo que combinar resultados daquilo que já é previsto e criar o novo é entendido como inteligência artificial (IA). A IA já está presente e transformando as nossas vidas por meio de carros autônomos, drones, assistentes virtuais e *softwares* de tradução, portais de informação/transação entre stakeholders impulsionando exponencialmente o poder dos consumidores, dada a grande disponibilidade de dados e algoritmos utilizados por *softwares* para atender nossas necessidades e prever alguns de nossos interesses antes ocultos (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2014; YEVU; YU, 2019).

Muitos desses algoritmos se moldam a partir dos rastros de dados que são deixados nas atividades no mundo digital, algo que resulta em novos tipos de “aprendizagem das máquinas”. Essas descobertas automatizadas permitem que robôs e computadores se auto programem e encontrem soluções a partir dos primeiros princípios, sendo vistos como "inteligentes". Gradativamente sensores e outros meios de conectar coisas do ambiente físico com redes virtuais estão se proliferando e sendo barateados em ritmo acelerado, instalados em casas, roupas, acessórios, cidades, transportes, etc. (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2014).

Atualmente, existem bilhões de dispositivos em todo o mundo, como *smartphones*, *tablets* e computadores conectados à *internet*, algo que aumenta gradativamente ao longo dos anos e está alterando drasticamente a maneira como são gerenciadas as cadeias de suprimentos, permitindo monitorar e otimizar ativos, bem como estabelecer controle de atividades em nível granular. Quanto aos processos, o uso generalizado da IoT em qualquer pacote, *palett* ou contêiner, que pode ser equipado com um sensor, transmissor ou identificação por radiofrequência (RFID) permite o rastreamento de toda cadeia de suprimentos (SCHWAB, 2016).

Igualmente, os clientes podem efetuar o acompanhamento continuamente, quase que em tempo real, o progresso do pacote ou documento que esperam, algo transformador para empresas que operam longas e complexas cadeias de suprimento. Futuramente, espera-se aplicar esse processo também ao movimento e rastreamento de pessoas. A revolução digital está criando abordagens radicalmente novas que podem revolucionar o modo como indivíduos e instituições se envolvem e,

dessa forma colaborar com segurança, através de protocolos tecnológicos sem ter que passar por uma autoridade neutra (SCHWAB, 2016).

Embora a Indústria 4.0 esteja sendo amplamente implementada pela indústria, ainda há uma grande necessidade de pesquisa. Seu principal objetivo é identificar e implementar estratégias com base na coordenação dos fornecedores líderes e suas principais estratégias de mercado, sendo apoiados por instituições de ensino nas atividades de pesquisa. Assim, espera-se que as aplicações revolucionárias virão com tecnologias de fabricação e automação. Para que isso aconteça, os recursos existentes precisarão ser adaptados a médio prazo para relacionar os diferentes sistemas da cadeia industrial (KAGERMANN, 2013; BAG et al. 2019).

Esse contexto exigirá maquinários e utilização dos ativos e forças dos fabricantes como integradores, agrupando competências das indústrias e automação para estabelecer um desenvolvimento direcionado e à criação de processos e valor. Desta forma o nível de rede necessário para alcançar a integração de ponta a ponta em modelos de produtos, recursos de manufatura e fabricação sistemas, vai exigir muita pesquisa e esforço de desenvolvimento à longo prazo (KAGERMANN, 2013).

Mediante o exposto, o estudo dos processos de compras nas organizações pode contribuir na diretamente na competitividade industrial e indiretamente na sociedade. Dessa forma, quanto maior a representatividade socioeconômica nas comunidades em que estão inseridas, maior poderão ser os impactos positivos de seus resultados, tal qual possibilitem a adoção de maneira facilitada de ferramentas que as apoiem na construção de projetos especificamente voltados para a área (BOZARTH; HANDFIELD, 2015; YEVU; YU, 2019).

O setor metal mecânico e elétrico da serra gaúcha, é o segundo maior do Brasil, emprega aproximadamente 50 mil trabalhadores na região e faturou mais de 18 bilhões de reais no ano de 2017. Para movimentar tal montante, abrange três câmaras setoriais: a metal mecânica, a automotiva e a eletroeletrônica, as quais possuem 3.256 empresas filiadas, abrangendo 17 municípios (SIMECS, 2018). Dados que corroboram para a relevância do estudo antes elencada.

Diante desse contexto esta pesquisa visa encontrar argumentos que respondam, mesmo que em partes: como os componentes e princípios da Indústria 4.0 se apresentam nos processos de compras em empresas dos segmentos metal mecânico e elétrico Brasileiro?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral dessa dissertação é analisar como os componentes e princípios da indústria 4.0 podem estar presentes nos processos de compras em um segmento empresarial Brasileiro.

### 1.2.2 Objetivos específicos

De modo a alcançar o objetivo geral dessa dissertação, delinearão-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar e analisar a aplicação dos componentes e princípios da Indústria 4.0 no contexto atual das empresas estudadas;
- b) Explorar pré-requisitos, barreiras e desafios, benefícios e contribuições percebidas quanto a aplicação destes elementos nos processos de compras;
- c) Propor um esquema conceitual que apresente a relação entre os processos de compras empresariais e a Indústria 4.0.

## 1.3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

As revoluções industriais mudaram as vidas das pessoas: maior oferta de produtos; novas formas de geração e distribuição de energia; meios de transportes mais eficientes; êxodo rural; novas formas de acesso à informação e o modo como as pessoas se relacionam. Assim, esses principais expoentes formaram um embasamento histórico para a nova revolução que está por vir: a da interatividade e conectividade na indústria (SEBRAE, 2016).

Essa nova era traz consigo conceitos que gerarão profundas alterações nas operações empresariais e implicarão na adoção gradual de um conjunto de tecnologias emergentes, que prometem aumentar a flexibilidade dos ambientes de manufatura, tornando-os auto ajustáveis à demanda do mercado, cada vez mais customizada. A quebra do paradigma em relação à forma com que as fábricas operam atualmente vem através de máquinas inteligentes, com análise computacional

avançada, que trabalham colaborativamente e de maneira conectada com outras máquinas e pessoas (SEBRAE, 2016; OECD, 2017b).

Para isso é necessário que cada parte do conjunto empresarial faça sua parte: governo, implementando políticas estratégicas inteligentes, incentivos e fomento; empreendedores e gestores industriais, aderindo à visão com arrojo e postura proativa; e instituições acadêmicas e de pesquisa, atuando na formação de profissionais e trabalhando em prol do desenvolvimento tecnológico, preferencialmente em grande proximidade com a indústria (SEBRAE, 2016).

Não se pode ignorar o papel evolutivo da tecnologia, que permite ao consumidor o acesso a recursos e o acréscimo de poder à população baseada na sua reorganização para um comportamento conjunto em rede. O contato direto com o consumidor envolvido na Indústria 4.0 permite a avaliação e o valor percebido, juntamente com o foco no valor genuíno do cliente de todo o conjunto de serviços relacionados a gestão inteligente. De fato, a quarta revolução industrial está acontecendo agora e requer de cada empresa e indivíduo repensar o que é esperado a partir do seu trabalho (KAGERMANN, 2015).

Investir tempo em formular um plano consistente para diagnóstico e aplicação das novas tecnologias em suas operações permite disseminar novos conceitos, bem como capacitar indústrias que representam setores transversais e estratégicos, indutores de produtividade e de inovação. Nesse processo faz-se necessário “pensar grande e começar pequeno”, aplicando cada conceito em operações específicas, medindo seus resultados e expandindo-o para demais operações (OECD, 2017a).

Todavia, não se deve “esperar por um momento futuro, a hora é agora, antes que seus competidores o tirem do mercado”, pois, assim como as revoluções industriais anteriores, essa revolução atual também trará mudanças para a sociedade e, quanto mais se souber a respeito dela, mais embasamento se terá para explorá-la o máximo possível (SEBRAE, 2016; OECD, 2017a).

Mediante o contexto exposto, a interconexão entre os assuntos suscitou a curiosidade ao pesquisador quanto à forma que essa nova revolução tecnológica permeia um fundamental departamento das empresas e que o pesquisador atua há mais de 10 anos: a área de compras. Assim, recorreu-se a bases de dados consagradas para coleta de informações acerca do tema e do objeto de estudo.

As bases de dados consultadas foram a BDTD – Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, “um sistema que integra outros sistemas de informação de

teses e dissertações existentes nas instituições de ensino e pesquisa do Brasil” (BDTD, 2018), abrangendo 101 instituições e mais de 467 mil documentos; a NDLTD – *Networked Digital Library of Theses and Dissertations*, “uma organização internacional dedicada a promover a adoção, criação, uso, disseminação e preservação de teses e dissertações eletrônicas”, com quase 5 mi de documentos (NDLTD, 2018); a *Scopus*, “a maior base de dados de resumos e citações da literatura, revisada por revistas científicas, livros e trabalhos de conferência” (SCOPUS, 2018); e a *Web of Science - WS*, “um meta buscador que possui mais de 33 mil periódicos disponíveis para pesquisa” (WEB OF SCIENCE, 2018).

Adicionalmente, para a composição bibliográfica deste estudo foi consultado, o acervo da Biblioteca da Universidade de Caxias do Sul (UCS), um sistema que compreende 11 bibliotecas, mais de 830 mil livros, 13 mil *e-books*, 10 mil periódicos e 2.700 teses e dissertações, fontes que serviram, sobretudo, para construção do referencial dos aspectos introdutórios e metodológicos do trabalho.

Durante a condução das pesquisas foram aplicados os princípios da bibliometria. Esse termo é utilizado para medir os processos de comunicação escrita, através da análise matemática/estatística de potenciais tendências e padrões, tendo por base documentações já publicadas. O emprego desses indicadores é útil para quantificar produção científica, analisar fontes de publicações, evolução da produção científica de autores e instituições no tempo (REVELES; TAKAHASHI, 2007).

Esta pesquisa é fundamentada no emprego das três principais Leis da Bibliometria: a Lei de Lotka (1926), pautada na análise da produtividade dos autores, apresentando a quantidade de artigos publicados pelos mesmos em uma janela temporal; Bradford (1934), que foca na produtividade dos periódicos e que expõe o número de artigos publicados por ele em determinado período; e por fim, Zipf (1949) referente à frequência que ocorrem determinadas palavras (ARAÚJO, 2006).

Tendo em vista que todas essas Leis são indicadores de quantidade versus tempo, faz-se necessário determinar o período de análise. Dado que o tema Indústria 4.0 é um assunto relativamente novo, definiu-se o critério de pesquisa considerando apenas artigos publicados nos últimos cinco anos, entre 2013 e 2018.

Posto isso, nas tabelas a seguir são evidenciados os resultados encontrados em resumo, bem como a seguir as análises efetuadas. Nelas foram utilizados os seguintes termos para busca: no BDTD, na língua portuguesa “compras 4.0”;

“indústria 4.0”; e “compras” e “indústria 4.0”. Nos demais, na língua estrangeira inglesa “*purchasing 4.0*”; “*industry 4.0*”; e “*purchasing*” and “*industry 4.0*”.

Tabela 1 - Resultado da Lei de Zipf nas diferentes bases

Base	Termo / Quantidade de materiais		
	“Compras 4.0” / “ <i>Purchasing</i> 4.0”	“Indústria 4.0” / “ <i>Industry 4.0</i> ”	“Compras” e “Indústria 4.0”/ “ <i>Purchasing</i> ” and “ <i>Industry</i> 4.0”
BDTD	-	11	2
NDLTD	1	359	11
Scopus	-	2.312	4
Web of Science	-	1.330	-
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>4.012</b>	<b>17</b>

Fonte: desenvolvido pelo autor (2018).

A análise dos resultados da Lei de Lotka nas referidas bases de dados evidenciou a existência de apenas 1 publicação internacional no NDLTD para o termo “*purchasing 4.0*”, publicação a qual é de suma importância para esse estudo, visto que foi referência para o desenvolvimento de sua estrutura, bem como norteou o processo de coleta de dados, tendo em vista a similaridade de seus objetivos. Como não houve nenhuma ocorrência nos meta buscadores, a aplicação das demais leis nos demais quadros não foi realizada. Esse contexto evidencia uma importante lacuna teórica à ser explorada para a evolução acadêmico empresarial.

No que se refere ao termo “indústria 4.0” / “*industry 4.0*” foi encontrado o maior número de publicações dos três termos, 4.012. Esse fato pode ser explicado em razão de que os demais termos são derivações do mesmo, o qual é tema deste estudo. Por fim, com a união das duas terminologias “compras” e “indústria 4.0” / “*purchasing*” and “*industry 4.0*”, foram encontradas 17 publicações, entretanto apenas 4 com aderência ao propósito do estudo proposto, 1 na Scopus e 3 no NDLT, 1 já citado e identificado anteriormente com o termo “*purchasing 4.0*”.

Tabela 2 - Resultado da Lei de Lotka nas diferentes bases

Base	Termo / Principais autores (Quantidade de materiais)	
	<i>Industry 4.0</i>	<i>Purchasing and Industry 4.0</i>
Scopus	Wan, J (15)	Castorani, V. (1)
	Jeschke, S. (13)	Choy, K. L. (1)
	Li, D. (13)	Cicconi, P. (1)
	Wang, S. (13)	Germani, M. (1)
Web of Science	Li, D. (12)	-
	Wang, S. (12)	-
	Jeschke, S. (11)	-
	Li, Y. (11)	-

Fonte: desenvolvido pelo autor (2018).

Quanto aos principais autores identificados nos meta buscadores notam-se 3 expoentes em relação ao termo “*industry 4.0*”: Jeschke, S., Li, D., Wang, S. e Wan J. O primeiro, com publicações que mais contribuíram para esse estudo, 4. Seguido do segundo e terceiro, que publicaram boa parte dos artigos publicados juntos, com 2 publicações e por fim o quarto, também com duas publicações, mas uma com o segundo e terceiro autores. Esses autores estão entre os principais 5 autores nas duas bases de dados e serviram como referência para revisitar a fundamentação teórica do tema, visto que a bibliometria precisou ser refeita ao longo do estudo, quando o referencial teórico já havia sido elaborado. Já para a composição de termos “*purchasing*” and “*industry 4.0*”, não há nenhum autor que se destaque, e apenas 1 publicação possui aderência ao propósito do estudo proposto.

Tabela 3 - Resultado da Lei de Bradford nas diferentes bases

Base	Termo / Principais instituições (Quantidade de materiais)	
	<i>Industry 4.0</i>	<i>Purchasing and Industry 4.0</i> (1)
Scopus	RWTH Aachen (63)	Polytechnika Poznanska (1)
	Universitat. Stuttgart (39)	Hong Kong Polytechnic Univ. (1)
	Technical University of Munich (30)	Xi'an Jiaotong University (1)
	South China Univ. of Tech. (30)	Wuhan University og Technology (1)
	Deutsches F. fur K. Intelligenz (25)	-
Web of Science	RWTH Aachen (36)	-
	Fraunhofer Gesellschaft (27)	-
	Universitat. Stuttgart (25)	-
	Technical University of Munich (20)	-
	Otto Von Guericke University (18)	-

Fonte: desenvolvido pelo autor (2018).

Finalmente, em relação às organizações que mais publicam em relação ao tema nos meta buscadores, fica evidente a massiva presença de instituições Alemãs,

nação em que se originou o tema e onde tal cenário evolutivo é fomentado pelo próprio Governo, ocupando 9 das 10 posições, quando somados os resultados das 2 bases de dados. Na segunda posição verifica-se a presença de instituições Chinesas, seguindo a lógica de publicações apresentada na Lei de Lotka. Essas instituições são representadas principais autores, os quais estão contidos nesse trabalho.

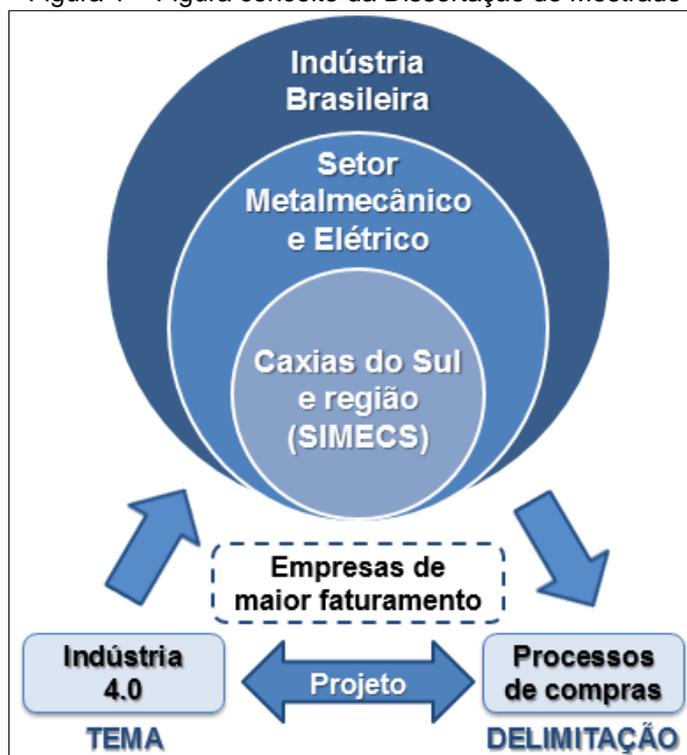
Ao verificar as quantidades de materiais em cada base, principais autores e instituições, bem como a evolução do tema ao longo do tempo, foi possível aproximar o escopo pretendido do trabalho à estudos anteriormente realizados. Esses estudos além de embasarem o trabalho por meio do referencial teórico corroboraram para indicar lacunas já preenchidas e pendentes quanto ao assunto, as quais buscaram ser respondidas completamente ou em partes ao longo do trabalho.

Tal conjunto de procedimentos e usos de Leis configuram como critérios de qualidade do estudo e ajudam a justificar o trabalho no que tange ínfima quantidade de estudos relacionados ao tema e foco do estudo, em especial no Brasil, com presença somente no continente Europeu e China. Nesse sentido, vislumbra-se uma contribuição relevante não apenas ao setor estudado, mas também no que se refere à evolução no processo de compras, indiferentemente de onde ele ocorra.

Neste trabalho a relevância do campo de estudo, o Setor Metal Mecânico e Elétrico de Caxias do Sul e Região, o qual possui 61 anos de existência, se dá pelo fato de que o mesmo representa mais de 3 mil indústrias na região, as quais empregam mais de 50 mil funcionários e oportunizam uma série de benefícios que transcendem os salários pagos, como: programas de saúde, educação, transporte, alimentação, participação de lucros e resultados, entre outros.

A atividade industrial deste setor supera as paredes de seus parques fabris e impacta diretamente na vida de toda a sociedade que a permeia. Para corroborar com essa ideia e compreensão da magnitude desse conglomerado empresarial, o montante de benefícios distribuídos pelos mesmos é maior do que as verbas municipais destinadas para saúde e educação de todas as cidades participantes. Posto isso, a seguir, é apresentada a figura conceito da Dissertação de Mestrado:

Figura 1 – Figura conceito da Dissertação de Mestrado



Fonte: desenvolvido pelo autor (2018).

Na referida imagem é apresentado o contexto da indústria Brasileira, a qual abrange o setor metal mecânico e elétrico e dentro dele seu segundo maior expoente, o conglomerado de Caxias do Sul e região representado pelo SIMECS. As empresas de modo geral são influenciadas pelo meio em que estão inseridas quanto à entrada de tendências globais de desenvolvimento, como a Indústria 4.0. De mesma forma há uma saída para o mercado de qualquer empresa no que se refere à necessidade de compras de produtos e prestação de serviço para o desempenho das suas atividades, sendo atendidas pela cadeia de suprimentos.

Em meio aos processos elencados há uma oportunidade de aprofundar os conhecimentos quanto à interação dos mesmos, local onde ocorre a execução desta dissertação. Para tal, foram selecionadas as empresas que apresentam um maior faturamento e número de empregados do setor, visto que suas ações e resultados apresentam um maior impacto na sociedade em que estão inseridos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A definição do referencial configura o momento em que o pesquisador constitui o arcabouço teórico de seus estudos. É uma atividade que demanda tempo e reflexão por parte do autor, mas que se conduzida corretamente, facilita o desenvolvimento do trabalho, subsidiando o restante das etapas que seguirão: a coleta, a análise e a interpretação de dados. Cabe citar que na pesquisa qualitativa a revisão da literatura não é estabelecida como uma etapa bem definida, que é concluída antes da próxima fase de trabalho. A formação da estrutura teórica tende a prosseguir ao longo das demais etapas, aprimorando-se conforme ocorre a coleta e prosseguindo também durante a análise (GIL, 2009).

Não há uma maneira única para que a formação do referencial teórico ocorra, todavia a experiência dos pesquisadores, juntamente com o desenvolvimento de tecnologias da informação, permite estabelecer alguns procedimentos que contribuem decisivamente para o sucesso da pesquisa, como leituras preliminares, identificação de palavras chave, localização de fontes primárias, obtenção do material, leitura do material, fichamento, organização lógica do material e estruturação do conjunto teórico (GIL, 2009).

### 2.1 REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS

Forças tecnológicas, políticas, reguladoras e econômicas mudam as formas de viver do ser humano. O conjunto dessas modificações remodelando um contexto até então vigente são denominadas revoluções e representam um grande desafio para as empresas e sistemas políticos pelas mudanças que impõe ao ambiente competitivo mundial (JENSEN, 1993).

Embora os grandes aumentos de produtividade na indústria e o aumento do bem-estar agregado da população no século XIX estejam associados à revolução industrial, ocorreram também grandes custos associados à obsolescência do capital humano e físico, gerando dificuldades substanciais, incompreensão e amargura. Desenvolvimentos tecnológicos e outros que começaram em meados do século XX culminaram em uma situação semelhante: rápida melhoria da produtividade, criação de excesso de capacidade e, conseqüentemente, a exigência de saída (JENSEN, 1993).

Embora a saída seja eficiente em razão das ramificações que tem a produtividade e o bem-estar humano, as revoluções industriais distinguem-se pela mudança no uso do capital. Grande produção, crescimento rápido da produtividade e dos padrões de vida, formação de grandes hierarquias corporativas, excesso de capacidade e, eventualmente, fechamento de instalações (JENSEN, 1993).

Não se pode compreender o conceito de revolução no sentido de rupturas imediatas, deve-se entendê-lo como um processo longo e gradativo, que ocorre aos poucos até que se possam perceber realmente os impactos das mudanças, pois desde os primórdios os seres humanos buscam formas de sobreviver mais facilmente. Com o objetivo de gerar riqueza e/ou sustentabilidade, o avanço dos conhecimentos na forma de solucionar os problemas existentes em cada época possibilitou o desenvolvimento da humanidade, preenchendo lacunas de necessidades existentes então e criando novas demandas (KAGERMANN, 2013).

A primeira revolução industrial é vista como a resultado da evolução das formas institucionais europeias, que se enraizou com sucesso também em outros países também nos dois séculos posteriores. O registro histórico da Europa atesta a expansão da influência através do comércio e migração, sendo que países que foram colonizados e conseqüentemente foram mais influenciados pelos europeus no passado têm infraestruturas sociais mais propícias a altos níveis de produção por trabalhador hoje. Além dessas pesquisas, estudos microeconômicos enfocam que o investimento do setor privado e o retorno a projetos de investimento geralmente encontram associações positivas entre políticas governamentais que protegem direitos de propriedade e retornos (ISHAM; KAUFMANN, 1999; MCMILLAN, 2002).

O viés econômico do desenvolvimento sempre foi um impulsionador da indústria, algo que começou a ficar mais latente na primeira revolução industrial ocorrida entre 1780 e 1860. Iniciou-se na Inglaterra e em poucas décadas se espalhou pela Europa e Estados Unidos. “Pela primeira vez na história o padrão de vida das pessoas comuns começou a se submeter a um crescimento sustentado...”, comportamento econômico que não havia sido visto até então (LUCAS, 2002).

A Primeira Revolução Industrial caracteriza-se pela aplicação de novas fontes de energia e métodos de produção. Em meados do século XIX testemunhou-se outra enorme onda de mudança à partir do desenvolvimento dos sistemas de transporte e comunicação, incluindo como principais expoentes os sistemas ferroviário, telegráfico, a vapor e a cabo. Essas inovações em conjunto da invenção de tecnologias de

embalagens para consumo de alta velocidade, deram origem à produção e distribuição em massa sistemas do final do século XIX e início do século XX (CHANDLER, 1990).

Ao longo desse processo houve a transição de métodos de produção manuais para a produção com o auxílio de máquinas, a mecanização. O uso crescente do carvão como fonte de energia; o ferro como matéria prima na manufatura; a máquina a vapor e a força motriz foram aplicadas nas máquinas industriais; componentes que fizeram sua produção aumentar exponencialmente. Não só isso, essa concepção foi aplicada também aos meios de transporte, como navios e locomotivas, potencializando também a distribuição desses produtos (KAGERMANN, 2013).

Sem haver uma clara ruptura entre um período e outro, inicia-se a segunda revolução industrial, tendo duração entre os anos de 1860 e 1914. Nela as tecnologias desenvolvidas na primeira revolução são aprimoradas: o carvão é substituído pelo petróleo como fonte de energia, a utilização do ferro migra para o aço e os motores a vapor dão lugar aos à combustão como forma de propulsão das máquinas (SHIUE; KELLER, 2004).

Tais adventos contribuíram diretamente para o surgimento de uma nova era econômica. O aperfeiçoamento da indústria fez com que as fábricas demandassem mais trabalhadores, contribuindo para o êxodo rural e impulsionando os primeiros conceitos de produção em massa e linha de montagem. Surge aí uma maior oferta de bens de consumo, técnicas de preservação de alimentos e um desenvolvimento ainda maior dos meios de transporte e de comunicação (KAGERMANN, 2013).

A segunda revolução industrial iniciou-se pela grande reestruturação da comunidade empresarial americana, esta que começou na década de 1970 e continuou até a década de 1990, sendo provocada por diversos fatores, incluindo: mudanças na tecnologia física e de gerenciamento, concorrência global, regulamentação, impostos e conversão de empresas anteriormente economias socialistas e comunistas centralmente planejadas para o capitalismo, com participação aberta no comércio internacional. Essas mudanças causaram grandes efeitos e cunharam o escopo da terceira revolução industrial. Os desafios dos sistemas de controle diante dessa mudança gerada pelo excesso capacidade e exigência de saída (CHANDLER, 1990).

As melhorias empresariais e sociais causadas por essa revolução ocorreram de forma dramática e súbita, lançando dúvidas sobre uma visão evolucionista do

desenvolvimento do mercado. Em vez do que ser uma condição essencial para o crescimento subsequente, os ganhos de eficiência surgiram o ponto de viragem do crescimento moderno. Os países desenvolvidos elaboraram um conjunto de instituições de direito: comum, de propriedade e não discriminatórios, que, apoiadas num sistema económico de preços levou a uma utilização mais eficiente dos recursos e maiores incentivos para investimentos que aumentaram a renda per capita (SHIUE; KELLER, 2004).

Sem serem consideradas diretamente revoluções, a indústria continuou se modificando ao longo do tempo. De 1920 a 1949 os conceitos iniciais de produção se tornaram padrão, dando início à era da produção em massa; posteriormente entre 1950 e 1988 nasce a era da eficiência, concomitantemente com a era da qualidade, ocorrida entre 1970 e 1989; por fim, em 1990 considera-se o início da era da competitividade e tecnologia (SHIUE; KELLER, 2004).

Não há uma unanimidade sobre quando efetivamente começou a terceira revolução industrial, entretanto seus principais expoentes começaram a aparecer de forma mais concentrada a partir da era da competitividade e tecnologia, também chamada de revolução técnico-científica-informacional. Muito dessa nova revolução se deve à *internet*, uma ferramenta criada em 1960 e que pretendia efetuar a troca de dados entre computadores para fins militares (LUCAS, 2002).

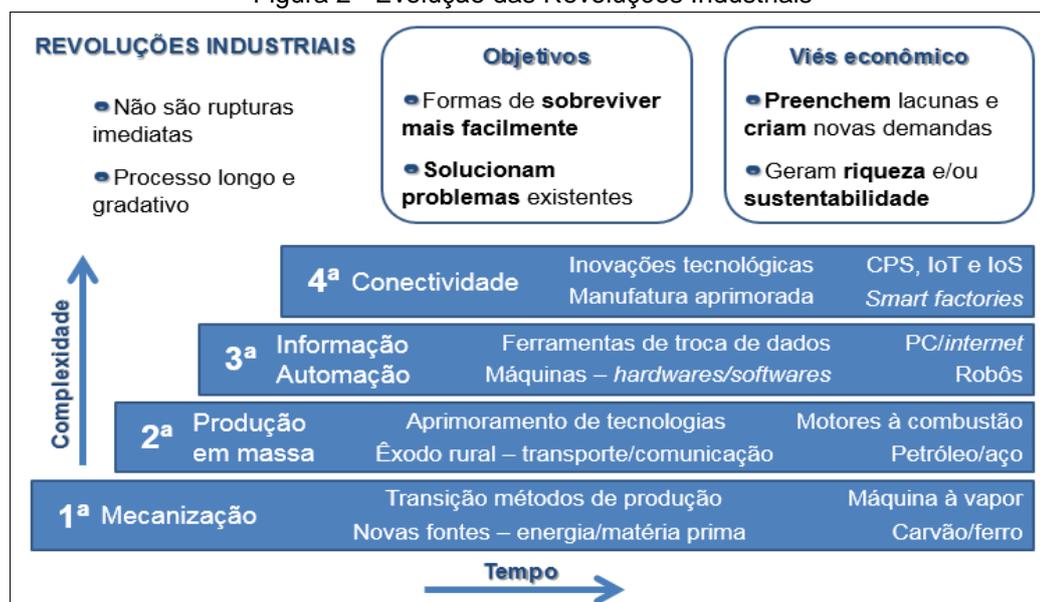
Algumas décadas se passaram para que houvesse a evolução tecnológica necessária para que essa invenção pudesse ser difundida mais fortemente. Apenas na década de 90, com a invenção dos computadores pessoais e a difusão de uma rede de alcance mundial – WWW (*World Wide Web*) houve a propagação do seu uso, não apenas na sociedade, mas também na indústria (LUCAS, 2002).

Com a automação iniciada pela cibernética e depois complementada pela informática, muitas atividades que eram executadas pelo cérebro humano passaram a ser realizadas por computadores e robôs. *Softwares* e *hardwares* cada vez mais complexos trouxeram a evolução para uma gama crescente de atividades com enorme vantagem em relação ao que o cérebro humano fazia até então, como por exemplo, diagnóstico e cirurgias médicas, planejamento e operações empresariais, diversos ramos da engenharia, além de outras aplicações (KAGERMANN, 2013).

Como visto, com o passar do tempo as revoluções industriais deixaram de ter um foco na substituição do esforço muscular do homem para a máquina, migrando para tarefas gradativamente mais complexas, que envolvem o pensamento. Esse

sucesso tecnológico tem impulsionado na última década um novo desafio para o desenvolvimento: integrar essas tecnologias com o objetivo de evoluir ainda mais. Algo que pode ser verificado resumidamente na figura abaixo elaborada a partir de Kagermann (2013):

Figura 2 - Evolução das Revoluções Industriais



Fonte: desenvolvido pelo autor (2018), a partir de Kagermann (2013).

A referida imagem apresenta a evolução das revoluções ao longo do tempo, contendo sua nomenclatura, principais características e seus componentes centrais. Conforme antes referido, com o passar do tempo nota-se um acréscimo de complexidade em seus objetivos, bem como complementam-se, ficando evidente a contribuição de cada uma delas ao horizonte de sua época, possibilitando a chegada da nova era subsequente.

## 2.2 ORIGEM DA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

No ano de 2006 o governo Alemão estabeleceu um projeto denominado *High Tech Strategy*, o qual possuía como objetivos estratégicos principais aumentar a produtividade da indústria através da inovação e elevar a competitividade com a manufatura asiática. Derivado desse projeto primordial, quatro anos mais tarde, em 2010, surgiu um novo plano de ação, o *High Tech Strategy 2020*, este que estabelecia a Alemanha como fornecedor principal de soluções de ciência e tecnologia em diversas áreas do conhecimento e tinha como um de seus subprojetos a Indústria 4.0

(FEDERAL MINISTRY OF EDUCATION AND RESEARCH, 2006; THE FEDERAL GOVERNMENT, 2014).

Em 2011, durante um dos maiores eventos de tecnologia e automação industrial do mundo, a feira de Hannover, ocorreu a primeira aparição do termo, apresentada como uma iniciativa do governo Alemão para o desenvolvimento de alta tecnologia voltada ao sistema de manufatura do país. Assim, a Indústria 4.0 seria a “transformação completa de toda a esfera da produção industrial através da fusão da tecnologia digital e da *internet* com a indústria convencional” (EUROPEAN PARLIAMENT - MERKEL, 2015). Tal cronologia é demonstrada na figura abaixo:

Figura 3 - Origens da quarta revolução industrial



Fonte: desenvolvido pelo autor (2018), a partir de Federal Ministry of Education and Research (2006); The Federal Government (2014).

A união entre o mundo real e espaço virtual proposta pela quarta revolução industrial permitiria alcançar a máxima autonomia e eficiência, por meio da mudança do paradigma da produção "centralizada" para "descentralizada", uma inversão da lógica do processo de produção até então. Considerando essas premissas a Indústria 4.0 poderia ser resumida como uma rede colaborativa que combina componentes tecnológicos habilitadores (ANG; GOH; SALDIVAR e LI, 2017).

### 2.3 COMPONENTES DA INDÚSTRIA 4.0

A sociedade humana busca continuamente a melhoria progressiva de sua qualidade de vida. Não obstante desse propósito, a indústria vem avançando para

acompanhar esses requisitos, fornecendo produtos de qualidade para consumidores e um ambiente de trabalho digno para seus funcionários (WANG et al., 2016).

A indústria 4.0 representa a transformação de empresas “tradicionais” pela *internet* em coisas, coletando dados e melhorando serviços através da evolução na atividade industrial. O termo refere-se à mudança de paradigma na economia junto à tríplice aliança entre pesquisa, indústria e ciência. Tudo isso somente é possível através de redes, que conectam em tempo real produtos, processos e infraestrutura, onde fornecimento, fabricação, manutenção, entrega e atendimento estão integrados, o que faz com que cadeias de valor rígidas sejam transformadas em redes de valor altamente flexíveis (KAGERMANN, 2016).

Com o passar do tempo e a natural evolução do tema, a indústria 4.0 tornou-se um termo coletivo para tecnologia e conceitos correlacionados na cadeia de valor organizacional (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016). Integrar tecnologias cibernéticas em produtos permite oferecer serviços inovadores, de forma econômica e eficiente, como por exemplo, em diagnósticos via internet e manutenção à longa distância, *online* e em tempo real operação (JAZDI, 2016).

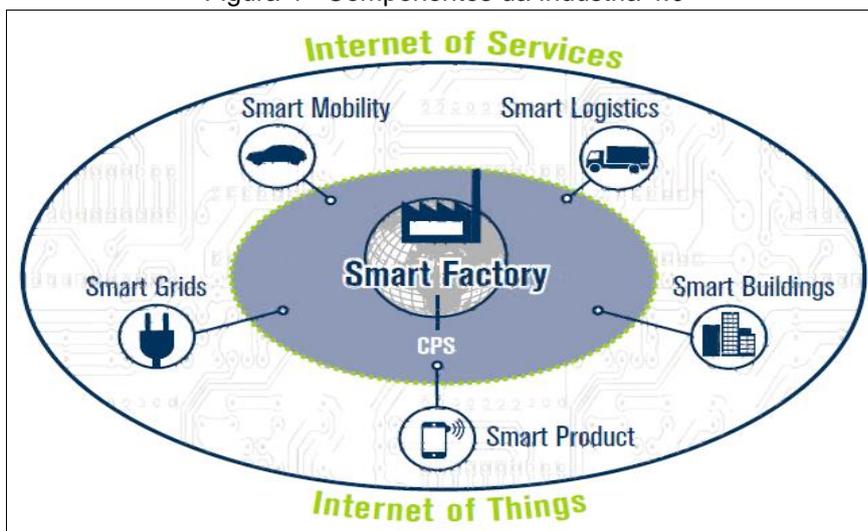
No entanto, o atual paradigma da produção não é sustentável: por um lado, a produção industrial contribui em grande parte do consumo de recursos e danos ambientais; por outro lado, é um elo insubstituível na economia, gerando emprego e renda à população, tal qual a municiando de produtos e serviços em larga escala e com menores custos. Essa dialética representa uma mudança radical no sentido do uso de tecnologias de informação emergentes que complementem o processo de negócios no sentido de integrar a atividade industrial fazendo-a operar de maneira flexível, eficiente, verde, com alta qualidade e baixo custo (WANG et al., 2016).

Essa nova visão permite implementar novos modelos comerciais, estabelecer conceitos operacionais inovadores e controles inteligentes, concentrando-se nos usuários e suas necessidades particulares sem perder o zelo junto à utilização de recursos. Dessa forma, a principal finalidade da Indústria 4.0 é habilitar fábricas digitais, caracterizadas por componentes e princípios que contribuem para atingir este fim antes citado (JAZDI, 2016).

Os quatro principais componentes do Indústria 4.0 são: sistemas ciber físicos (CPS – *Cyber Physical Systems*), *internet* das coisas (IoT – *Internet of Things*), *internet* dos serviços (IoS – *Internet of Services*) e fábricas inteligentes (*Smart Factories*). Apesar de por vezes serem citados, comunicações entre máquinas (M2M – *Machine*

to Machine) e produtos inteligentes não são considerados como partes independentes, pois o primeiro é um ativador da IoT, já o segundo, um sub componente do CPS (KAGERMANN, 2013; GRENGARD, 2015). A figura abaixo expõe o posicionamento dos referidos componentes quanto ao conceito:

Figura 4 - Componentes da Indústria 4.0



Fonte: Kagermann (2013).

Nota-se que todos esses componentes são integrados e interdependentes para que possam funcionar minimamente. Conforme o amadurecimento do processo nas mais variadas aplicações da indústria essas tecnologias são adequadas e redirecionadas para os consumidores em um processo que não pode ser considerado migratório, mas sim evolutivo (GRENGARD, 2015).

### 2.3.1 Sistemas Ciber Físicos – CPS (*Cyber Physical Systems*)

Os CPS são sistemas automatizados que permitem a conexão de operações da realidade física com infraestruturas de informática e comunicação, ou seja, o mundo virtual (JAZDI, 2016). Aliando computadores e redes, esses sistemas controlam os processos físicos com comunicações instantâneas. Seu funcionamento ocorre a partir de uma unidade de controle, a qual comanda sensores e atuadores, que interagem com tecnologias de identificação físicas, como o RFID (*Radio Frequency IDentification*), mecanismos de armazenamento e análise de dados. (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

Em relação a um sistema de controle regular, o CPS possui significativamente mais inteligência de sensores e atuadores, algo que o faz apresentar menores restrições de desempenho. Dessa forma, o grande diferencial entre as duas tecnologias se refere ao uso das comunicações, acrescentando uma maior gama de configurações possíveis e escala, algo que o faz ser considerado mais eficiente. Todavia, há também uma maior complexidade na sua utilização, tais quais os impactos de seu desequilíbrio podem ser maiores (POOVENDRAN, 2010).

No que tange a manufatura, o CPS pode auxiliar nas atividades de planejamento e controle, através de uma grande rede de controle de subsistemas, possibilitando ao usuário controlar um processo de produção industrial altamente complexo sem ter que gerenciar cada subsistema de forma específica. Contudo, o potencial econômico e social do CPS ainda é pouco explorado em relação aos benefícios que podem trazer (RODRIGUES; JESUS; SCHUTZER, 2016).

Uma entidade ciber física é aquela que integra seu *hardware* com uma representação cibernética, atuando como uma representação virtual para a parte física. O CPS combina dois mundos: (i) sistemas embarcados, exibindo em tempo real um diagnóstico do estado e desempenho atual; e (ii) sistemas em nuvem, que apresentam o comportamento otimizado sem restrições de tempo firmes. Do ponto de vista industrial, este conceito abre amplamente a porta para o desenvolvimento de produtos inteligentes que são identificáveis, localizáveis e capazes de realizar ações autônomas em função de seu estado interno e sua percepção do ambiente onde eles estão imersos (LEITÃO et al., 2016).

A perspectiva da CPS, em parte, rompe com a tradicional pirâmide da automação, introduzindo uma abordagem mais descentralizada da maneira de funcionar a estrutura hierárquica tradicional. De fato, tais sistemas são dissociados e coletivamente possuem capacidade de se auto organizar a fim de superar perturbações inesperadas. Eles também suportam dinâmicas redimensionamento e reconfiguração do sistema atendendo distintas oportunidades (LEITÃO et al., 2016).

Complementando o CPS com a IoS, novos padrões de interação e modelos de negócios podem ser realizados, algo que pode levar também a produtos mais inteligentes e sofisticados sistemas. Os CPS representam um paradigma emergente que permeia os requisitos dos sistemas de processos industriais do futuro é através da integração de tecnologias enfrentar os desafios modernos da flexibilidade, robustez, adaptação e reconfigurabilidade (LEITÃO et al., 2016).

### 2.3.2 *Internet das Coisas – IoT (Internet of Things)*

O termo internet das coisas refere-se a uma rede de objetos físicos dotados de tecnologia embarcada de sensores que os permitem conectar-se a uma rede, capaz de coletar, armazenar e transmitir dados com o ambiente interno e externo. Nesse sentido, possibilita que as “coisas” interajam entre si e com seres humanos, tomem decisões e agreguem valor ao processo (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; JAZDI, 2016). Um dos principais elos que ligam as aplicações físicas e digitais habilitados pela quarta revolução industrial é a IoT, a qual na sua forma mais simples, pode ser descrita como a relação entre coisas: produtos, serviços, lugares, etc. e seres humanos, algo é possível apenas graças a tecnologias conectadas e várias plataformas (KAGERMANN, 2016; BIENHAUS; HADDUD, 2017).

Posto isso, “computadores poderiam ser ligados entre si em redes e trabalharem de forma independente e inteligente, sem intervenções humanas” (RODRIGUES; JESUS; SCHUTZER, 2016, p.37). Nesse contexto, possibilitaria às “coisas” tornarem-se participantes ativas nos processos de negócios e assim, os seres humanos atuarem apenas na supervisão do processo, de modo a otimizar recursos (RODRIGUES; JESUS; SCHUTZER, 2016).

Nesse escopo, a IoT pode ajudar na logística aumentando a eficiência da cadeia de suprimentos à partir do fornecimento de informações mais detalhadas e atualizadas em relação ao que se tem atualmente. Este fato minimiza o efeito chicote, reduz eventuais falsificações e melhora a rastreabilidade dos produtos. A Indústria 4.0 está mudando rapidamente as relações entre os consumidores e produtores em detrimento do objetivo de mudanças nas perspectivas, o que inclui adaptabilidade às características do produto inteligente, sendo uma nova expressão dessa relação a IoT e as redes que as conectam (ISLAM et al., 2015).

A IoT é um conceito que reflete um conjunto conectado de qualquer pessoa, qualquer objeto, a qualquer momento, em qualquer lugar, qualquer serviço e qualquer rede. Trata-se de uma megatendência em tecnologias de próxima geração que tendem a impactar em todo modelo de negócios, aproveitando-se da infraestrutura de *internet* para interconexão de objetos e dispositivos inteligentes identificáveis para trazer benefícios estendidos à empresas e sociedade. Fornece soluções para uma ampla gama de aplicações como por exemplo cidades inteligentes: com gestão de tráfego rodoviário, gestão de resíduos, saúde, saneamento básico, segurança,

serviços de emergência, logística, varejo, controle industrial e assistência médica (ISLAM et al., 2015; BIENHAUS; HADDUD, 2017).

### **2.3.3 Internet dos Serviços – IoS (*Internet of Services*)**

Com a *internet* das coisas instalada em objetos, dados serão processados e analisados continuamente, fornecendo uma base de elementos infinitamente mais robusta para a criação de informações. Dessa forma, novas demandas poderão ser identificadas, fazendo com que serviços já existentes possam ser melhorados como nunca visto antes, tais quais novos serviços sejam criados, concebendo um novo patamar de valor agregado em serviços (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

Sob essa ótica, os participantes da infraestrutura de serviços precisam estar integrados para potencializar seus resultados. Com sistemas e informações em sinergia, a base de dados aumenta, e as demandas do mercado são mais facilmente compreendidas em comparação do que quando trabalham isoladamente. Presume-se que a partir dessa compreensão, o conceito seja expandido de uma fábrica pioneira para toda sua cadeia de suprimentos e consumo, produzindo uma nova dinâmica de distribuição e valor (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; JAZDI, 2016).

Desde que os dispositivos móveis sem fio para comunicação foram lançados, no final dos anos 70, vem ocorrendo ininterruptamente uma extensa gama de melhorias em termos de potencialidade de comunicação através das redes. Mediante esse contexto há o início de novos tipos de dispositivos, como *smartphones* e *tablets*, os quais produziram uma erupção de novas aplicações utilizadas em termos de conectividade com um crescimento exponencial resultante de tráfego. Projeta-se no futuro uma sociedade em rede com acesso ilimitado à informação e compartilhamento de dados, acessíveis em todos lugares e todas as vezes para todos e tudo, potencializando a IoS (GUPTA; JHA, 2015).

A extração, transformação, análise e gerenciamento de dados com vistas a transformá-los em informações e, conseqüentemente em conhecimento, têm sido amplamente utilizadas para definir estratégias autônomas e abordagens de apoio inteligentes que combinam uma análise de dados local, com reação rápida, e outra global, otimizada e robusta em relação à primeira (LEITÃO et al., 2016).

### 2.3.4 Fábricas Inteligentes (*Smart Factories*)

As fábricas modificadas pelos conceitos de CPS, IoT e IoS tornaram-se inteligentes. O CPS monitora os processos físicos, cria cópias virtuais de mundo e toma decisões descentralizadas; se comunica com a IoTS (*Internet of Things and Services*) e ocorre uma cooperação mútua em tempo real entre os sistemas, tal qual com os seres humanos, contribuindo para o aprimoramento da cadeia de valor empresarial (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; JAZDI, 2016).

Dotadas desses componentes empregados conjuntamente em seus sistemas produtivos, as fábricas inteligentes apresentam ganhos significativos no que tange eficiência, tempo, recursos e custos, quando comparadas às fábricas tradicionais. O trabalho em conjunto de produtos, máquinas e linhas de montagem permite monitorar, indiferente do local, a evolução do processo produtivo, através de informações compartilhadas instantaneamente. Para tal, é necessário um alto nível de automação (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

Fábricas inteligentes são capazes de gerenciar a complexidade da atividade industrial com menor propensão a distúrbios, algo que as faz capazes de fabricar bens de forma mais eficiente. Nela, seres humanos, máquinas e recursos comunicam-se uns com os outros naturalmente, algo que apoia ativamente em decisões como: fazer ou comprar? Quais parâmetros devem ser usados para o processamento? Como deve ser entregue? (KAGERMANN, 2013).

A utilização dos componentes da Indústria 4.0 implica na comunicação em rede entre várias empresas, fábricas, fornecedores, logística, recursos, clientes, etc. Para que seu funcionamento seja otimizado há necessidade de recursos compartilhados e pressupõe o emprego de princípios que derivam de sua utilização e apoiam na hora de implementá-la (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; QIN, 2016).

## 2.4 PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0

As organizações precisam compreender a amplitude que produtos e serviços de consumo conectados podem servir na identificação de opiniões, fatores sócio demográficos e psicológicos que influenciam na tomada de decisão do consumidor. Os componentes da indústria 4.0 permitem aos estrategistas de *marketing* obter conteúdo relevante e valioso dos clientes ao longo de suas interações junto à empresa

direta e indiretamente, mas para responder às demandas do mercado em tempo real, elevando seu nível de satisfação e precisão de suas ações é necessário não apenas dotar a empresa de *hardwares* e *softwares*, mas também disseminar o conceito por meio do emprego de princípios fundamentais (ROBLEK; MESKO; KAPLEZ, 2016).

Suas interfaces as fazem componentes-chave na logística e desenvolvimento de infraestruturas, situação que resulta na transformação de cadeias de valor convencionais e surgimento de novos modelos de negócio. A Indústria 4.0 não deve, portanto, ser abordada de maneira isolada, mas sim, de forma interdisciplinar e em estreita cooperação, seja de todas as partes interessadas, seja com processos, elementos físicos, digitais ou conceitos (KAGERMANN, 2013). A seguir são apresentados os 6 princípios para a Indústria 4.0:

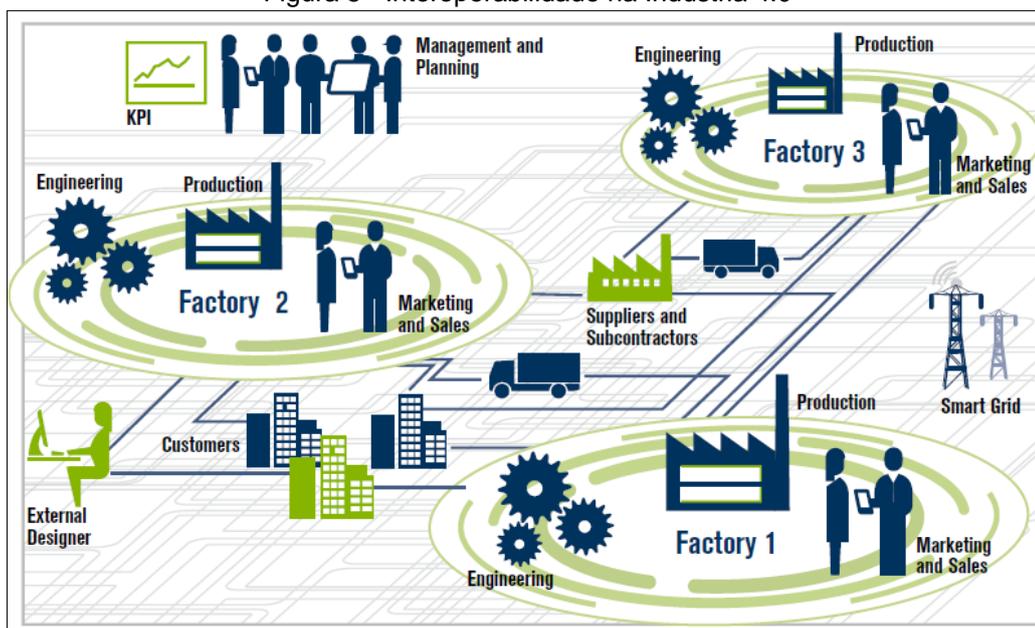
#### **2.4.1 Interoperabilidade**

É o princípio basilar de todo o processo da Indústria 4.0. Refere-se à capacidade de os sistemas comunicarem-se com outros sistemas, não apenas da sua empresa, mas sim, da cadeia de suprimentos e consumo como um todo através das redes, algo que o faz ser o único princípio que se vincula diretamente com todos componentes (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016). Os sistemas industriais do futuro utilizam-se da união de tecnologias com uma estrutura de rede para executar atividades de maneira colaborativa (LEITÃO et al., 2016).

Para tal, existem meios de comunicação entre as partes interessadas no processo de compras e cadeia de suprimento como portais de compras, fornecedores e EDI (*Electronic Data Interchange*). O uso de tais ferramentas são um fator que influencia diretamente no ecossistema, funcionando como um gatilho para a construção e adoção de um projeto de transformação digital (YEVU; YU, 2019).

O compartilhamento de um terreno comum capacita-o para uma infinidade de funções de maior complexidade, descentralização, inteligência, modularidade, flexibilidade, robustez, adaptação e capacidade de resposta (LEITÃO et al., 2016). Para a Indústria 4.0 se tornar realidade, é essencial implementar as antes mencionadas redes entre empresas. Esse processo inicia-se de dentro para fora, ou seja, primeiramente é feita a integração vertical entre setores da empresa para que depois crie-se a parte horizontal, com outras organizações (WANG et al., 2016). Tal processo de integração é representado na imagem seguinte:

Figura 5 - Interoperabilidade na Indústria 4.0



Fonte: Kagermann (2013).

Conforme exposto na representação, de nada adianta integrar diferentes empresas, se no seu dia a dia a mesma não está integrada com seus próprios processos (WANG et al., 2016). Assim, o princípio da Interoperabilidade segue quatro aspectos base: formato de dados de entrada; dados de saída; mecanismo de instalação; e uma base comum de códigos ou que permita a configuração “de/para”. Enquanto o trabalho nos primeiros três aspectos é concluído, o quarto é ininterrupto, algo que significa uma diferente forma de integração: a possibilidade de executar *softwares* e *hardwares* que, enraizadas nas novas ou recentes tendências de ciências computacionais, são mais úteis para a sociedade (GIANNOZZI et al., 2017).

#### 2.4.2 Modularidade

Por meio das interdependências entre operações cria-se a modularização (GIANNOZZI et al., 2017). Trata-se de um conceito onde o sistema é dividido em partes, com *interfaces* de *softwares* e *hardwares* padronizadas. Isto as faz adaptarem-se flexivelmente aos requisitos de mudança, sendo facilmente ajustadas em casos de sazonalidades ou alterações de produtos, ou seja, produção conforme demanda (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; YEVU; YU, 2019).

É uma técnica popular que permite múltiplas arquiteturas de rede heterogêneas para compartilhar infraestrutura e desempenhar um papel significativo no

funcionamento das empresas inteligentes. Nesse ínterim, uma prática habitual é subdividir um processo em diversas instâncias virtuais, permitindo a configuração de todos os dispositivos em comutação, com arquitetura básica em três camadas: infraestrutura, controle e aplicativo (XIA et al., 2015).

Sob este paradigma, soluções inovadoras para fins específicos podem ser rapidamente implementadas em forma de *software* e implantadas em redes com tráfego real, desde que haja uma padronização dos seus elementos básicos de funcionamento. Essa centralização lógica permite um controle de *feedback* com melhores decisões com base global, possibilitada por uma visão de rede e informações cruzadas de forma instantânea (XIA et al., 2015).

A modularização atua como facilitador no processo de infraestrutura integrada, permitindo colaboração durante as interações e estabelecendo padrões de projeto em sistemas distribuídos. Apesar das similaridades entre os sistemas modulares, os mesmos devem possuir variáveis de hábito se ajustando de acordo com o perfil do usuário, mesmo que em processos complexos, moldando seu comportamento conforme suas preferências e fornecendo dinamicamente *interfaces* de infraestrutura e serviço personalizáveis, tal qual capturando e expondo funcionalidades comuns entre os sistemas do mesmo módulo (LEITÃO et al., 2016).

### **2.4.3 Capacidade em tempo real**

O processo de coleta, análise e transformação de dados em informações de maneira praticamente imediata consiste em uma virtude da metodologia 4.0: a capacidade em tempo real. Dessa forma, o *status* do sistema é monitorado permanentemente e permite a tomada de decisões no momento exato em que há a necessidade, aumentando a produção e reduzindo quebras de sequenciamento e programação (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; YEVU; YU, 2019).

Especificamente, os dispositivos devem executar o pacote de encaminhamento do plano de dados baseado em regras instaladas previamente, algo que lhes permite uma resposta quase que imediata. Todavia, é importante frisar que essas configurações dificilmente permitem um controle de *loop* fechado, mas são adequadas para serem utilizadas em alta velocidade interações, em tempo real para seres humanos, mas não para máquinas caso o CPS não acompanhe a velocidade dos outros dispositivos (XIA et al., 2015; LEITÃO et al., 2016).

As mudanças na cadeia de suprimento e fabricação exigem maior descentralização nos sistemas de fabricação existentes. Isso se encaixa com uma decomposição da clássica hierarquia de produção e uma mudança para a auto-organização descentralizada em tempo real (BAUNSGAARD; CLEGG, 2015).

O conteúdo disponível *online* e não denota limitações para compartilhar informações entre pessoas ou coisas, gerando uma infraestrutura inteligente de dispositivos interligados que compartilham dados. Este fato transforma a atividade em algo inteligível, que dá flexibilidade, confiabilidade, eficiência e segurança nas operações, reduzindo custos e mão de obra (BAUNSGAARD; CLEGG, 2015).

#### **2.4.4 Descentralização**

Representa a autonomia do CPS na tomada de decisão, de acordo com as necessidades de produção em tempo real. O CPS não receberá apenas comandos, mas também fornecerá informações sobre seu ciclo de trabalho e apenas em casos de falha reportar-se-á a uma esfera superior (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

Estas ferramentas demandam uma configuração prévia eficiente, de modo a fornecer desempenho e flexibilidade, acomodando *designs* inovadores de rede. Abordagens tradicionais, baseadas em configurações manuais de dispositivos, são suscetíveis a erros e podem não utilizar com plenitude a capacidade dessa infraestrutura (XIA et al., 2015; YEVU; YU, 2019).

A auto organização e a reconfiguração dinâmica trazem robustez ao processo no sentido de que o maquinário de vanguarda conecta-se ao *software* no formato “*plug and play*”. Em caso de funcionamento abaixo do esperado desses dispositivos o sistema não é afetado negativamente devido às programações de segurança redundantes que não permitem danos ao conjunto da operação como um todo (WANG et al., 2016). Nesse processo os seres humanos devem supervisionar as atividades, identificando oportunidades de melhoria ao processo, fazendo com que as plataformas sejam mais flexíveis às variáveis apresentadas, tornando-se mais eficientes, seja na produção ou na prestação de serviços (XIA et al., 2015).

As fábricas inteligentes apresentam comportamento possui características autônomas de adaptação, otimização, configuração e ajuste. Com base nas capacidades inerentes dos agentes, este comportamento emergente pode aparecer ao longo da sua interação junto a todos elos da cadeia. Essa visão tem sido

considerada uma inteligência artificial a ser amplamente utilizada em conjunto com a inteligência humana, o planejamento, a aprendizagem, a representação do conhecimento, as redes neurais, a teoria de controle, entre outros. Sistemas mais maduros podem ser utilizados para gerenciar o conhecimento e analisar riscos também como tomar decisões em nome de cada CPS, bem como pelo ecossistema completo do qual esse CPS faz parte (LEITÃO et al., 2016).

#### **2.4.5 Virtualização**

Configura o processo de criar uma representação virtual em *software* de um processo físico. Assim, uma cópia do mundo real é criada em um modelo de simulação, algo que possibilita espelhar comportamentos reais no ambiente virtual. De posse de todas as informações necessárias dos CPS, como as próximas etapas de trabalho ou arranjos de segurança, permite a rastreabilidade e o acesso remoto de todos os processos por meio de sensores (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

A virtualização permite o provisionamento, implantação e gerenciamento centralizado de funções de rede. Integrado com a modularização, as arquiteturas de *software* oferecem ainda um tráfego ágil, com direção e otimização conjunta de funções e recursos. Esta arquitetura beneficia uma ampla gama de aplicações, encadeando serviços e provisionando funcionalidades baseadas na infraestrutura física compartilhada (LI; CHEN, 2015).

Fora isso, são abordados também problemas da ordem de custos operacionais de gerenciamento e controle, alavancando a evolução fabril e podendo apoiar no enfrentamento dos desafios da dinâmica gerenciar recursos e orquestrar de serviços inteligentes, simulando-os dinamicamente, um trabalho de altíssima complexidade. Esse princípio disponibilizado em rede traz inteligência lógica ao processo, centralizando experimentações para minimizar custos, maximizar a utilização de recursos e simplificar a rede operações (LI; CHEN, 2015).

Virtualizar automatiza a corrente manual de configuração, minimizando significativamente o tempo e a complexidade da operação, bem como os equívocos causados por falta de atenção ou desconhecimento causados ao longo das operações. A redução drástica desses distúrbios que oferece escalabilidade na manufatura. Por outro lado, sua implantação geralmente resulta em um processo longo e repetido de ciclos de validação, verificação e teste (LI; CHEN, 2015).

#### 2.4.6 Orientação a serviço

Ocorre a partir da disponibilização de dados e serviços em rede aberta, fazendo com que a IoS seja integrada entre a cadeia e se fortaleça. Assim, a flexibilidade para atender as especificações dos clientes no que tange customização torna-se ainda maior (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

Os artefatos inteligentes são orientados aos serviços pois permitem reconfiguração automática, produzindo variados tipos de produtos que atendam às expectativas dos consumidores. Até mesmo novos produtos podem ser encomendados, algo que representa um formato de gestão colaborativa que apoia as empresas na árdua tarefa de lidar com um mercado em constante mudança e consumo criterioso (WANG et al., 2016).

A nova revolução preconiza o estabelecimento de um canal de comunicação para troca contínua de informações sobre necessidades e situações individuais dos consumidores em tempo real com as empresas. É importante enfatizar que na maioria casos, as trocas de informações serão entre máquinas, as quais transmitirão dados via sensores sem fio, com envio desses dados para provedores de serviços e centros de produtos inteligentes, onde enormes quantidades de dados serão analisadas (DOMINICI et al., 2016).

O objetivo de tal automação é que os clientes sejam tratados de forma individualizada através da adaptação dos produtos e serviços. Essa integração se desenvolve por meio da integração entre indivíduos que utilizam máquinas dotadas de sistemas ciber físicos, conectadas às redes e que levam ao surgimento de mudanças no comportamento dos consumidores relacionadas à utilização da *internet* das coisas e dos serviços (DOMINICI et al., 2016).

### 2.5 AS MUDANÇAS NOS PROCESSOS DAS EMPRESAS CAUSADAS PELA QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

A fábrica do futuro vai envolver uma nova integração, onde não só todos os recursos de fabricação: sensores, atuadores, máquinas, robôs, transportadores, etc. estarão conectados e trocarão informações automaticamente, mas também a fábrica se tornará consciente e inteligente o suficiente para prever e manter as máquinas; para controlar o processo de produção, e para gerenciar o sistema como um todo.

Fora isso muitos processos de fabricação, como *design* de produto, planejamento de produção, engenharia de produção e produção e serviços, serão simulados virtualmente através de um sistema modular, para que, em seguida, sejam conectados e comandados por um sistema descentralizado e interdependente (QIN, 2016).

Mediante os conceitos e princípios da Indústria 4.0 os modelos de negócios das empresas têm passado por grandes mudanças. No passado os consumidores só podiam adquirir produtos a partir de especificações já existentes, e os fabricantes não tinham condições de coletar as preferências e o uso dos clientes em tempo real, fazendo com que as melhorias ocorressem em um ritmo baixo. Através da IoS isso mudou e as preferências e o uso dos produtos são registrados antes mesmo dos consumidores efetivarem o ato da compra (CHIANG, 2016; BIENHAUS; HADDUD, 2017). Posto isso, abaixo é estabelecido um paralelo entre os cenários tradicional e da Indústria 4.0 no processo de desenvolvimento de produto:

Figura 6 - Mudanças no processo de desenvolvimento

DEMANDA – CENÁRIO	TRADICIONAL	4.0
Especificação	Padrão	Personalizada
Origem/coleta de dados	Pesquisa de mercado	IoS/big data
Duração	Meses/anos	Tempo real
Análise de dados	Pessoas/setores	IoT/CPS
Orientação	Produto	Serviço
Visão	Departamentalizada	Integrada
Decisões	Centralizadas	Descentralizadas
Ajustes	Ambiente real	Ambiente virtual
Construção	Específica	Modular
Tempo de resposta	Médio/longo	Ágil/Smart factories

Fonte: desenvolvido pelo autor (2018), a partir de Chiang (2016), Kuo (2017).

A comparação entre os cenários evidencia sinteticamente as mudanças que os ambientes de desenvolvimento de produtos e consumo estão passando, nele há direção para uma maior dinâmica, especificidade de itens, autonomia de sistemas e ações para mitigar custos. Antes da Indústria 4.0 surgiram outras filosofias de fabricação avançada com vistas a superar as desvantagens das tradicionais linhas de

produção, como por exemplo, a fabricação flexível e a fabricação ágil, com o sistema multi agente (MAS – *Mult Agent Systems*) o principal (WANG et al., 2016).

Nele, os recursos de manufatura são definidos como agentes inteligentes que negociam uns com os outros para implementar a reconfiguração dinâmica para conseguir flexibilidade. Para tal, integram instalações de produção, sistemas de armazenamento, logística e até mesmo os requisitos sociais para estabelecer redes de criação de valor. Em partes derivadas desses conceitos preliminares, uma fábrica inteligente significa uma fábrica flexível e reconfigurável (WANG et al., 2016).

Nesse sentido, os dados coletados representam uma vantagem competitiva para o departamento de vendas obter o próximo pedido e a velocidade no desenvolvimento de novos produtos para as áreas de engenharia será demandada ao máximo, tendo em vista que os consumidores, sápiens desse contexto, se tornam gradativamente mais exigentes quanto ao fornecimento de produtos e serviços com qualidade superior, de forma rápida, barata e estável. Mega tendências emergentes como celulares, redes sociais, armazenamento em nuvem e *big data* são tecnologias de informação e comunicação que representam novos desafios à *internet* futura e que demandam acessibilidade onipresente, banda larga e gerenciamento dinâmico (XIA et al., 2015; CHIANG, 2016; KUO, 2017).

A digitalização que inclui a *internet* e o celular com suas tecnologias de conectividade de alta velocidade ajudou trazer a mudança de modelos de negócios estabelecidos. Fabricantes de produtos relativos à tecnologia de informação, serviços e fabricantes de produtos tradicionais viram-se confrontados com a questão de como estimular um novo crescimento da demanda. A resposta foi encontrada no desenvolvimento de um período tecnológico moderno, caracterizado pela economia e atividades globalmente interconectadas, facilitando o surgimento de plataformas tecnológicas, como a *internet*, mobilidade e sistemas de sensores (ROBLEK; MESKO; KAPLEZ, 2016; BIENHAUS; HADDUD, 2017).

Ao longo do processamento de um produto ou prestação de um serviço a tomada de decisão influencia uma série de recursos, os quais devem ser formatados e testados para que sejam capazes de funcionar em conjunto e possam ser realocados de forma distinta do inicial caso haja uma mudança de contexto. Essas alterações permitem potencializar sua utilização ou minimizar eventuais perdas não mapeadas inicialmente (WANG et al., 2016).

Em primeiro lugar, o sistema de transporte deve ser capaz de transferir recursos entre as diferentes etapas e demandas da empresa. Após, em um segundo momento, funções para posicionamento automático, programação e reprogramação devem ser integradas ao sistema de trabalho. Dessa forma, desenvolvendo unidades de trabalho modulares, o processo torna-se inteligente, dado que extrai máxima eficiência dos recursos, reconfigurando dinamicamente sua utilização, caso possível ou necessário (WANG et al., 2016; BIENHAUS; HADDUD, 2017). Tal qual na etapa desenvolvimento, o processo de produção também é alterado em função da migração de cenários, conforme exposto na figura abaixo:

Figura 7 - Mudanças no processo de produção

DEMANDA – CENÁRIO	TRADICIONAL	4.0
<i>Layout</i>	Linha	Celular
Modelos	Específicos	Diversificados
Lotes	Grandes	Pequenos
Comunicação	Estações de trabalho	<i>Stakeholders</i>
Alterações	Complexas	Dinâmicas
Envolvimento	Pessoa/máquina	M2M
Análise	Por processo/dispositivo	Interoperabilidade
Informações	Isoladas	Integrada
Controle	Independente	Auto organização
Ações	Variáveis	Parametrizadas

Fonte: desenvolvido pelo autor (2018), a partir de Chiang (2016), Kuo (2017).

A reorganização do ambiente de manufatura evidenciada apresenta diretamente o novo foco das empresas perante tais alterações, se concentrando na combinação da demanda do cliente, estabelecida pela comunicação e integração da cadeia de suprimentos, composta por distintos níveis de demandas: internas, com diferentes setores requisitantes; e externas, com fornecedores; todos com o objetivo de minimizar o custo total a atender de forma direcionada os produtos antes desenvolvidos. Esse contexto aumenta a responsabilidade de quem deve orquestrar tais demandas, por meio de negociações e do estabelecimento de contratos: o setor de compras (CHIANG, 2016; BIENHAUS; HADDUD, 2017; KUO, 2017).

## 2.6 PROCESSO DE COMPRAS

As "firmas" são organizadas para atuarem no mercado com o objetivo de oferecer bens e serviços aos consumidores através da união de capital e trabalho. A razão das pessoas aceitarem trabalhar umas para as outras ocorre em função de que há custos e riscos para organizar a produção, os quais nem todos os trabalhadores estão dispostos a correr, investindo e se arriscando. Uma empresa, portanto, consiste no sistema de relações que passam a existir quando a direção dos recursos depende de um empreendedor para lhes alocar, tendo parte de suas atividades incorporadas por terceiros (COASE, 1937).

Mediante essa conjuntura, as organizações tornam-se maiores ou menores de acordo com a quantidade de transações adicionais que necessitam fazer ante a proposta inicial para sua abertura. A alocação de recursos para a execução de atividades ocorre por meio da análise de custos de transação entre fazer ou efetuar um acordo para que alguém o faça. Quando a segunda opção for a mais viável economicamente são estabelecidos contratos. Um contrato é o limite do que deve ser feito, ou seja, o valor que uma parte acorda receber para executar as tarefas determinadas pela outra parte ou fornecer algo (COASE, 1937).

A unidade básica de análise entre a governança da empresa e o mercado é a avaliação de suas transações, a qual ocorre em três níveis: estrutura geral da empresa, seus limites de eficiência e como seus recursos humanos são organizados. Dado o exposto, as transações são dimensionadas através das incertezas, frequência e especificidade dos ativos. Essa avaliação de custos de transação deve levar em consideração o planejamento, a adaptação e o monitoramento da tarefa sob as estruturas alternativas de governança, seus fornecedores (WILLIAMSON, 1981).

Nenhuma organização é completamente autossuficiente no que se refere à produção de bens e serviços. Todas as empresas, indiferente de seu segmento, necessitam de outras empresas para lhes abastecer de matérias-primas, suprimentos ou até mesmo outros serviços. Posto isso, seu sucesso passa, impreterivelmente, pela forma com que essas compras são efetuadas (BOWERSOX et al., 2014).

Historicamente, a gestão de materiais e componentes foi o elemento mais negligenciado no processo produtivo. Apenas quando os custos de materiais e subconjuntos aumentavam havia a tentativa da gestão para investigar métodos alternativos ao planejamento e controle na aquisição ou funções de transformação

internas da organização. O foco no trabalho era lógico, pois as revoluções industriais anteriores geraram muitos fabricantes intensivos em mão de obra, com a produção de grandes lotes padronizados representando como se fosse uma norma para a maioria dos fabricantes (BOZARTH; HANDFIELD, 2015).

Atualmente a realidade é outra, a demanda personalizada e a tecnologia estão deslocando rapidamente o trabalho. Nesse ínterim, o controle da cadeia de suprimentos faz-se imprescindível e a gestão de compras, como epicentro dessas relações é a função é susceptível a contribuir para os lucros mais do que qualquer outra função na empresa, algo que pode ser explicado por 3 razões básicas: o mercado é extremamente competitivo, extremamente volátil e se faz imprescindível a busca por sustentabilidade (SCHUH et al., 2012; BOZARTH; HANDFIELD, 2015).

Os envolvidos no processo de compras devem se tornar especialistas nos serviços, materiais e produtos que adquirem. Eles devem pesquisar, selecionar, negociar, contratar, controlar e medir o desempenho, gerenciando seus Fornecedores para garantir o abastecimento de materiais e serviços que uma empresa precisa. Dada a natureza estratégica da função de fornecimento, os profissionais de gerenciamento de suprimentos devem ser conhecedores e compreenderem todas as áreas do negócio, a fim de desenvolver estratégias consistente com os objetivos da organização e os procedimentos de negócios bem-sucedidos (BOZARTH; HANDFIELD, 2015; BIENHAUS; HADDUD, 2017).

Compradores determinam quais produtos ou serviços são as opções mais adequadas para os requisitos demandados, estabelecendo acordos que aumentam a competitividade em custos e garantam que as demais áreas sejam supridas de recursos conforme necessário. Compras controla uma parte considerável das receitas e apresenta uma fonte de inovação sem fim à empresa, algo que, conforme sua utilização, pode contribuir com uma maior robustez à todo seu processo produtivo ou levá-la a falência (BOZARTH; HANDFIELD, 2015; SCHUH et al., 2012).

Tudo isso considerando um mercado de crescimento exponencial, que a partir do advento da globalização, eliminou a maioria das barreiras que a distância impunha no passado. Posto isso, a velocidade que as empresas têm para se movimentar frente às mudanças do mercado devem ser cada vez mais ágeis, e um processo de aquisições bem definido é fundamental para a celeridade de suas ações. Assim, as macro tarefas do processo de compras são aprofundadas a seguir (SCHUH et al., 2012; BOZARTH; HANDFIELD, 2015).

### 2.7.1 Seleção de fornecedores

Escolher os fornecedores com os quais a organização irá trabalhar é uma tarefa que exige do gestor de compras uma análise aprofundada, pois é o passo inicial de todo o ciclo de aquisição. Dificilmente as organizações conseguem encontrar Fornecedores que se adequem perfeitamente à suas necessidades de maneira imediata, este trabalho deve ser executado de forma meticulosa e para alguns materiais pode demorar meses ou até mesmo anos. Assim, o planejamento e o conhecimento do contexto em que se vai trabalhar são fundamentais para o êxito dessa etapa, não determinando um mero Fornecedor, mas sim o parceiro de negócios que a Empresa precisa (MACAGNAN et al., 2010; SCHUH et al., 2012).

Saber qual é a fonte da demanda, se uma necessidade ou uma oportunidade, o tipo do produto ou serviço, os requisitos necessários, e o grau de exigência que será demandado, são habitualmente os critérios observados inicialmente. Essas premissas, aliadas da análise do impacto financeiro, versus o risco de fornecimento são parâmetros fundamentais na definição da estratégia que a empresa pretende aplicar naquele determinado segmento, definindo qual o tipo de relacionamento que é possível ou quer desenvolver: uma compra *spot*, um fornecimento temporário, um fornecimento alavancável ou uma aliança estratégica (MACAGNAN et al., 2010).

Estabelecido esse posicionamento, identificam-se quem são as fontes de suprimento possíveis, verificando o cumprimento de todos os pré-requisitos estabelecidos, de modo a descartá-los do projeto, ou então, qualificá-los para que tenham condições de participar da etapa posterior. Nessa etapa são muito comuns visitas a fornecedores, seja no âmbito de uma simples visita técnica, até situações em que é necessário um maior aprofundamento, com auditorias de processo e produto (MACAGNAN et al., 2010; BIENHAUS; HADDUD, 2017).

Quando essa aproximação não é possível ou adicionalmente é de praxe que compradores solicitem maiores informações a seus fornecedores proponentes por meio de documentações formalizadas, denominadas RFI's (*Request For Information*) as quais possibilitam confrontar os requisitos mínimos do projeto com as qualificações dos fornecedores. A comunicação entre as partes deve ser aberta e deve deixar espaço para o aprendizado de ambos os lados. A homologação de um fornecedor nessa etapa não necessariamente lhe garante o fornecimento de um item, visto que

ainda há no mínimo o processo de cotação a cumprir (MACAGNAN et al., 2010; SCHUH et al., 2012; INBRASC, 2018).

### **2.7.2 Negociação e estabelecimento de contratos**

O relacionamento da organização com os outros elos da cadeia de suprimentos é regido por contratos, formais ou não. Estes contratos sustentam os relacionamentos e devem ser negociados e estabelecidos para determinar quais as responsabilidades de cada parte em relação a diversos fatores como: preço, prazo de entrega, prazo de pagamentos, impostos incidentes, vigência das condições comerciais, embalagem, meio de envio, entre outros (MACAGNAN et al., 2010; BAG et al., 2019).

A negociação ocorre apenas em dois momentos: quando as políticas para as compras não foram estabelecidas; ou então, quando estão desajustadas em relação ao mercado. O profissional de compras deve dedicar a grande maioria do seu tempo em atividades funcionais de gestão na contratação de produtos e serviços, planejando, organizando, direcionando e controlando os contratos estabelecidos. Desse modo conseguirá reunir maiores informações e gerar conhecimento daquilo que está adquirindo, negociando melhores contratos (MACAGNAN et al., 2010).

O estabelecimento de condições comerciais deve considerar o custo total de aquisição, considerando uma visão abrangente para a organização e não apenas seu preço. Negociar produtos e serviços pelo seu preço é uma visão “míope” e antiquada de compras, que por muitas vezes faz com que organizações que não tem isso claro percam competitividade. O preço é apenas uma das inúmeras condições em um acordo comercial, das muitas que podem ser relevantes em um segmento de compra e impactar nas vendas dos produtos (MACAGNAN et al., 2010; BAG et al., 2019).

A abrangência dos contratos deve ser diretamente relacionada ao escopo pretendido com o seu estabelecimento. Caso o contrato seja pouco abrangente, não prevendo uma determinada condição a organização contratante ficará dependente do comportamento a ser adotado pelo contratado. Inversamente, se o contrato for abrangente demais, tentando antever todas as situações possíveis, muito provavelmente o mesmo não será implementado, visto que se tornará burocrático demais e dependente de fatores incontrolláveis (MACAGNAN et al., 2010).

Por natureza, todo contrato é incompleto. Isso se deve ao fato que as relações são dinâmicas, tais quais o ambiente que estão inseridas, dessa forma sempre haverá

um aspecto novo e que não foi previsto: crises econômicas, mudança das taxas de câmbio, trocas de regimes tributários, escassez de matérias primas no mercado, alterações em alíquotas de frete, entre outros acontecimentos fortuitos ou de força maior incontrolláveis à qualquer uma das partes interessadas que expõe a extrema volatilidade do cenário. Mediante o exposto, o estabelecimento de contratos precisa ser flexível de todas as partes, bem como considerar os outros elos do relacionamento não apenas clientes ou fornecedores, e sim, parceiros de negócios. Assim, a eficiência de uma organização pode ser definida pela qualidade dos contratos que estabelece (MACAGNAN et al., 2010; SCHUH et al., 2012).

A negociação e o estabelecimento de contratos adequados trazem diferenciação em custos para as empresas e possuem impacto direto no preço de produtos e serviços por ela ofertados, viabilizando ou não seus negócios. Por mais eficiente tecnicamente que a organização seja isso não será suficiente se tiver contratos deficitários, que não as protejam frente às iminentes variações que ocorrerão ao longo do período contratado, trazendo vantagem competitiva pela escala adquirida, resguardando-a de uma deterioração das margens de lucro e trazendo a transparência e consolidação de suas compras formalmente (MACAGNAN et al., 2010; SCHUH et al., 2012; BIENHAUS; HADDUD, 2017).

Nessa etapa os compradores normalmente utilizam-se de documentações formais para solicitar retornos aos seus fornecedores proponentes: as RFQ's (*Request For Quotation*) quando existem todas as especificações necessárias para cotar materiais comparativamente; ou as RFP's (*Request For Proposal*) quando não há uma especificação determinada, existindo apenas um conceito ou ideia da demanda à ser suprido. Nesse caso, o grau de inovação instituído nos Fornecedores, desenvolvendo e acessando fontes externas de inovação, algo que pode alavancar a evolução tecnológica da Empresa Compradora, ou então, levá-la a estagnar-se em suas próprias percepções (SCHUH et al., 2012; INBRASC, 2018).

### **2.7.3 Atividades de abastecimento**

As compras empresariais tornaram-se uma questão de sustentabilidade, não apenas a si, mas a todas as partes interessadas e que a permeiam: colaboradores, fornecedores, meio ambiente, comunidade em que está inserida, entre outros. Esse conceito traz ao meio produtivo responsabilidade daquilo que produzem diretamente

e também para aquilo que contratam ou subcontratam. Para tal, reduzir o número de Fornecedores é fundamental para possibilitar controle e auditoria da cadeia, bem como permite a transparência necessária. A tendência das Empresas líderes é engajar ativamente todas as partes de seu negócio, inclusive um patrimônio intangível, sua cadeia de fornecimento, colaborando além do mero desempenho de suas funções, mas também na melhora da performance (SCHUH et al., 2012; BAG et al., 2019).

Receber demandas, emitir ordens de compra e acompanhar do cumprimento dos parâmetros acordados na negociação e estabelecimento de contratos configuram as atividades de abastecimento do processo de compras. Essas operações devem ser mitigadas, visto que não agregam valor a organização, tendo em vistas que abordam apenas o tratamento de distúrbios em relação a algo que deve transcorrer dentro da normalidade. Nesse campo, há uma carência significativa em relação ao desenvolvimento de tecnologias que o tornem menos dependentes da intervenção humana para sua resolução, inovações que farão as estruturas executarem as atividades que tomam boa parte de tempo dos responsáveis pelas compras atualmente, reduzindo sua eficiência (MACAGNAN et al., 2010).

Um fator de grande impacto negativo nessas atividades de aquisição é a flexibilidade. As operações de controle de compras precisaram mudar devido à crescente variedade de pedidos dos clientes (LEE et al., 2017). A informação é o primeiro estágio da criação de valor no processo de aquisição, todavia não se trata de uma etapa simples e procedimentada (SCHUH et al., 2012; BAG et al., 2019).

A demanda por dados e informações em tempo real tem-se feito necessária em razão de pedidos altamente personalizados, que tendem a ser de pequeno tamanho de lote, mas com alta multiplicidade. Como as encomendas alteram-se comumente de acordo com os requisitos de cada cliente específico, a sincronização dos pedidos de compra para apoiar a produção, garantindo o cumprimento das entregas no prazo é de grande importância, mas também de grande complexidade (LEE et al., 2017).

#### **2.7.4 Avaliação de desempenho de fornecedores**

A avaliação de desempenho de Fornecedores consiste no processo de verificação de dados que evidencia o cumprimento ou não dos termos legislativos e contratuais durante o processo de fornecimento (LIZBETIN; CERNA; LOCH, 2015). O elemento fundamental para conduzir esse processo ao seu mais alto nível é

reconhecer os fatores que impactam no desempenho das atividades da empresa, estabelecendo seu padrão de qualidade (BALLOU, 2006; BAG et al., 2019).

A base para a melhoria contínua dos processos está em quantificar o estado atual do trabalho, tendo a sensibilidade de perceber os potenciais de aprimoramento, através dos indicadores. Desse modo, propõe-se a utilização de parâmetros que permitam uma visão holística da cadeia logística de suprimentos através do monitoramento do desempenho, algo que, para poder gerar vantagem competitiva à organização necessita de um sistema de medição integrado, fundamentado no monitoramento, controle e direcionamento das operações (BOWERSOX et al., 2014; DORNHOFER; SCHRODER; GUNTHNER, 2016).

Sob esta ótica, ponderar sobre os elementos importantes no processo de fornecimento é imprescindível, visto que a performance impacta diretamente no relacionamento entre as empresas. Assim, ao longo do tempo surgiram diferentes meios de avaliar o cumprimento de parâmetros de fornecimento, essencialmente objetivando atender duas premissas: um nível ótimo de serviços com custos mínimos. (LIZBETIN; CERNA; LOCH, 2015; BAG et al., 2019).

A seleção do método ideal para avaliação de fornecedores depende de diversos fatores, tais como: (i) a facilidade de utilização e compreensão do modelo; (ii) seu custo de implementação; (iii) as características de seus fornecedores; e principalmente, (iv) as implicações que essas métricas trarão para a performance da organização. Todos os métodos possuem prós e contras, cabendo à organização um diagnóstico aprofundado para defini-los (DEY; BHATTACHARYA; HO, 2015).

Um modelo de avaliação apropriado aumenta a eficiência da rede de fornecimento, por meio da identificação de fornecedores com performance satisfatória e do conseqüente aumento do fluxo de negócios com os mesmos. Por outro lado, também se espera de um modelo de avaliação o subsídio para o rompimento das relações comerciais de fornecedores com desempenho abaixo do esperado. Desse modo, a gestão efetiva dos fornecedores e da cadeia de abastecimento é um fator determinante para aumentar o desempenho organizacional (SHI et al., 2017).

A visão oferecida pelos referenciais teóricos resultou na utilização de obras e autores que melhor exprimem a realidade do tema quanto a conjuntura necessária à conectar os assuntos e embasar o ponto de vista do autor. Assim, forneceram um arcabouço imprescindível para o desenvolvimento das demais etapas do estudo poderem ser executadas conforme o pretendido.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A terceira seção discorre sobre o método utilizado na dissertação de mestrado para alcançar o objetivo de analisar como os componentes e princípios da Indústria 4.0 podem estar presentes nos processos de compras de um segmento de empresas Brasileiro. Para tal, foi conduzido um estudo de casos múltiplo de natureza qualitativa e caráter exploratório descritivo, através de entrevistas semiestruturadas, análise de documentos e observação participante.

#### 3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Este trabalho possui natureza aplicada, pois tem finalidade de que seus resultados soluções para demandas reais, atendendo a necessidades concretas da sociedade (APOLINÁRIO, 2011; MATIAS-PEREIRA, 2016; MARCONI; LAKATOS, 2017b;). No que se refere à estratégia de pesquisa, é classificado como exploratório descritivo, visto que pretende criar uma maior familiaridade acerca do assunto – exploratório, bem como objetiva descrever características da população ou fenômeno, identificando relações entre as variáveis – descritivo (MARCARENHAS, 2012).

Para tal, se caracteriza pela abordagem qualitativa, em razão do estudo do fenômeno e sua interpretação pelo observador, modelo que remete a uma análise subjetiva. Os dados foram coletados através de interações sociais e, segundo sua relevância para o estudo, os participantes foram propositalmente selecionados. Dessa forma, visou desenvolver conceitos e explicações para o fenômeno a partir desse número de casos (APOLINÁRIO, 2011; FLICK, 2012).

Nesta dissertação utilizou-se o formato de estudo de casos múltiplos com vistas a permitir uma pesquisa aprofundada sobre o fenômeno, até então pouco conhecido e/ou difundido. Dessa forma proporcionou uma visão mais clara acerca do tema, ampliando o conhecimento do pesquisador e possibilitando a evolução científica por meio do compartilhamento de seus resultados (GIL, 2009).

A escolha desse formato se deveu ao fato de que o mesmo abrange uma gama de possibilidades muito mais ampla que o da maioria dos delineamentos de pesquisa, assim, apesar desse tipo de estudo nem sempre apresentar resultados conclusivos, o fato de promover uma nova compreensão dos fenômenos tende a gerar inquietações

nos envolvidos, estimulando o desenvolvimento de novas pesquisas. Logo, servem tanto a propósitos exploratórios, quanto descritivos e explicativos (GIL, 2009).

Abaixo a figura expõe a síntese dos procedimentos metodológicos aplicados:

Figura 8 - Síntese procedimentos metodológicos

PROCEDIMENTO DE PESQUISA		
Natureza	Aplicada	Busca solução para demandas reais
Abordagem	Qualitativa	Estuda um fenômeno
Objetivos	Exploratórios Descritivos	Cria familiaridade com o tema Descreve suas características
Estratégia	Estudo de caso múltiplo	Busca a evolução científica e uma nova compreensão do fenômeno
Participantes	Empresas filiadas ao SIMECS	As 4 empresas de maior faturamento
Estruturação, coleta e análise de dados	Entrevista semiestruturada Observação direta Pesquisa documental	3 entrevistados por empresa Roteiro pré validado por 4 especialistas Elaboração de esquema conceitual
Crítérios de confiabilidade	Triangulação	Entrevistas / observação / documentos

Fonte: desenvolvido pelo autor (2018), a partir de Gil (2009); Flick (2012); Mascarenhas (2012) Yin (2015) Marconi; Lakatos (2017a).

O estudo de grupos, organizações e comunidades, permite elucidar fenômenos antes vistos como específicos sob um enfoque sistêmico, confrontando características de uma classe mais ampla de fenômenos similares. Assim, o aparato de técnicas utilizado possibilitou identificar padrões de comportamento e construir um instrumento padronizado, o mapa conceitual proposto (GIL, 2009; YIN, 2015).

### 3.2 UNIDADE DE ANÁLISE E PARTICIPANTES DO ESTUDO

O processo de escolha dos participantes de um estudo de caso não atende a uma lógica de amostragem estatística ou de probabilidade, está ligado à lógica de procedimentos experimentais e método de concordância. Nesse método considera-se que quando dois ou mais casos de um mesmo fenômeno possuem uma condição em comum, essa pode ser considerada como a causa ou efeito do fenômeno (GIL, 2009).

Contudo, quando essa lógica é aplicada aos estudos de caso múltiplos cabe ao pesquisador selecionar participantes de forma que se prevejam resultados semelhantes, ou então, que as diferenças apresentadas ocorram por alguma razão previsível, dado que os casos devem possuir alguma similaridade que os conecte. Caso sejam evidenciados resultados contraditórios, o pesquisador deve rever suas suposições iniciais, tendo em vista que as conexões entre os participantes não eram tão latentes quanto o mesmo imaginava (GIL, 2009).

Os participantes do estudo integram a pesquisa através de seu envolvimento como indivíduos, ou seja, espera-se que eles contribuam com suas percepções e experiências acerca do tema abordado. É essencial abordar as questões de pesquisa de maneiras distintas, com vistas a proporcionar diferentes tipos de respostas, tais quais diferentes níveis de detalhamento. A situação de pesquisa ocorre muito mais como um diálogo do que como uma sondagem, permitindo surgirem novos aspectos e as próprias avaliações do entrevistado (FLICK, 2012).

Neste estudo será pesquisado como os componentes e princípios da indústria 4.0 podem estar presentes nos processos de compras de um segmento empresarial Brasileiro, o segmento metal mecânico e elétrico da cidade de Caxias do Sul, representado pelo sindicato da categoria – SIMECS (Sindicato das Indústrias Metalúrgicas, Mecânicas e de Material Elétrico de Caxias do Sul). Para tal, foi solicitada autorização formal ao mesmo através do Apêndice A – Carta de intenção de pesquisa para Sindicato que representa os participantes da pesquisa.

Aprovada a proposta, posteriormente foram procuradas as 4 empresas do setor que possuem alguma prática relacionada à Indústria 4.0 com maior faturamento e número de funcionários. Estas 3 premissas tiveram seus dados e informações de veracidade comprovada pela entidade de classe através de pesquisa documental prévia à suas publicações em site, periódicos e jornais. Esta delimitação representa inicialmente um maior impacto econômico e social no meio em que estão inseridas, além de, em um segundo momento atender aos aspectos de inovação em processos voltados à quarta revolução industrial requeridos para o escopo do estudo.

Os contatos foram efetuados por conveniência e atendidos positivamente por todas as empresas procuradas. Um documento de autorização formal para participar da pesquisa em questão foi elaborado e está exposto no Termo de consentimento de participação em estudo de caso deste trabalho – Apêndice H. Para preservar a confidencialidade das empresas, os documentos assinados não estão no corpo do

trabalho, entretanto estão em posse do pesquisador em caso de necessidade de apresentação para fins de auditoria e qualidade da pesquisa.

Como o processo de compras das empresas é a unidade de análise do trabalho, apenas o setor de compras das empresas foi procurado, não abrangendo setores de atividade paralela como logística. Desta forma, foram entrevistados 3 colaboradores de empresa, sendo 1 gestor, com vistas a ter acesso a visão de nível estratégico, e 2 colaboradores subordinados ao mesmo, de modo a abranger a visão tática e operacional das atividades de compras da empresa.

Na sequência são caracterizadas as Empresas participantes do estudo:

Figura 9 - Dados participantes

EMPRESA	IDADE	CIDADE	SEGMENTO	ATUAÇÃO	NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS	FATURAMENTO ANO 2018
<b>Empresa 1</b>	57 anos	Caxias do Sul	Automotivo	Tratores, caminhões leves, chassis para ônibus e utilitários esportivos e de uso militar	~ 1 mil	~ 0,6 bi
<b>Empresa 2</b>	108 anos	Carlos Barbosa	Metalúrgico	Utensílios de cozinha, mobília, eletrodomésticos, jardinagem, ferramentas e materiais elétricos	~ 8 mil	~ R\$6 bi
<b>Empresa 3</b>	70 anos	Caxias do Sul	Automotivo	Implementos rodoviários, reboques, semirreboques, vagões, autopeças e retroescavadeiras	~ 11 mil	~ R\$6 bi
<b>Empresa 4</b>	69 anos	Caxias do Sul	Automotivo	Carrocerias de ônibus e mini ônibus completos	~ 15 mil	~ R\$4 bi

Fonte: desenvolvido pelo autor (2019).

A análise dos dados dos participantes evidencia a importância destas empresas no meio em que estão inseridas, com valor de faturamento superior à 5% do PIB (Produto Interno Bruto) da região e mais de 2% de empregos diretos de sua população. Fora isso, o impacto indireto também deve ser considerado. (IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018).

### 3.3 COLETA DE DADOS

Na pesquisa qualitativa a coleta de dados é concebida de maneira aberta e tem como objetivo um quadro abrangente, possível por meio da reconstrução dos casos

que estão sendo estudados. Dessa forma, uma menor quantidade de perguntas e respostas são definidas antecipadamente, fazendo-se maior o uso de questionamentos abertos, com expectativa de que os participantes os respondam de forma espontânea e com suas próprias palavras (FLICK, 2012).

Nesse formato de pesquisa utiliza-se uma das três abordagens listadas a seguir para formulação das questões: a que (i) visa captar o significado subjetivo das questões a partir da visão dos participantes; a que (ii) pretende verificar a frequência em que os significados mais latentes de uma determinada situação estão em foco; e a que (iii) descreve as práticas sociais, o modo de vida e o ambiente em que vivem os participantes. O principal objetivo é descobrir, minimizando a necessidade de testar o que já é conhecido, tendo em vista que é menos relevante cientificamente estudar uma relação de causa e efeito do que descrever ou reconstruir a complexidade das situações (FLICK, 2012).

Os métodos e técnicas utilizados devem ser condizentes quanto ao problema a ser estudado, às hipóteses levantadas que se queira verificar, bem como às características dos entrevistados com que se entrará em contato. Em geral não se deve utilizar apenas um método ou uma técnica durante a execução de uma pesquisa, habitualmente há uma combinação entre dois ou mais deles, utilizados de forma concomitante (MARCONI; LAKATOS, 2017b). Frente a isso, esta pesquisa utilizar-se-á de um conjunto de três técnicas/métodos para coleta de dados, os quais são apresentados a seguir.

### **3.3.1 Pesquisa documental**

A pesquisa documental é uma etapa convencional para a maioria dos estudos empíricos, tendo em vista que oferece uma base para o início de um projeto. Configura um apanhado geral de registros quanto à processos e ferramentas relacionados ao tema de pesquisa, algo fundamental na obtenção de dados históricos. Esta busca permite evitar duplicações e erros já cometidos, pode orientar indagações, auxiliar na planificação do trabalho e principalmente aprofundar ainda mais o tema por meio da utilização das informações expostas (YIN, 2016; MARCONI; LAKATOS, 2017b).

Os investigadores de vanguarda precisam ter consciência sobre o tema e um alto grau de destreza para identificar dados específicos ou distintos em meio a uma série de informações semelhantes. O domínio do pesquisador sobre o tema é

demonstrado ao passo que o mesmo consegue apresentar argumentos para as lacunas existentes nos estudos anteriores (YIN, 2016). É de suma importância para a credibilidade do estudo científico descrever como ocorreu a busca pelos materiais, explicando os critérios de inclusão e exclusão, de modo que o leitor tenha condições de avaliar a completude e as limitações da coleta efetuada (JESSON et al., 2011). Dessa forma, foi estabelecido um protocolo de pesquisa documental para padronizar a verificação.

Figura 10 – Protocolo de pesquisa documental

VERIFICAÇÃO	CRITÉRIO	COMO?	FONTE
1	Empresas que possuem alguma prática relacionada à Indústria 4.0	Verificar projetos em site, publicações e/ou jornais da entidade de classe	Variadas
		Confirmar informações resultantes da pesquisa de forma direta	Entidade de classe
		Informar empresas participantes dos projetos pesquisados	Entidade de classe
		Confirmar continuidade do projeto de forma direta	Empresas
2	Empresas de maior faturamento e número de funcionários	Verificar faturamento e número de funcionários das Empresas em 2018	Entidade de classe
		Estabelecer ponderação entre fatores para priorização dos contatos: 50% cada	Pesquisador
		Contatar Empresas para aceite ou não do projeto	Empresas
3	Definição final das empresas participantes do estudo	Formalizar participação em pesquisa com assinatura de termo - Apêndice H	Empresas

Fonte: desenvolvido pelo autor (2019).

### 3.3.2 Observação direta

A observação direta refere-se à atividade utilizar os sentidos do pesquisador na obtenção de determinados aspectos da realidade observada. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar fatos ou fenômenos que se pretende aumentar o nível de conhecimento (MARCONI; LAKATOS, 2017b). Nesse sentido, foi estabelecido um protocolo de observação direta para padronizar a verificação.

Figura 11 – Protocolo de observação participante

Nº	OBSERVAÇÕES	CRITÉRIOS PRINCIPAIS
1	Local de entrevista	Privacidade, sonoridade, interrupções, etc.
2	Compreensão dos questionamentos e conhecimento prévio do tema	Solicitação para repetir questionamento e/ou "fuga" do contexto solicitado
3	Reações corporais do participante quanto ao questionamento	Mudança de tonalidade de voz, expressão facial, movimentação, etc.
4	Prática de outras atividades ao longo da entrevista	Atender telefonema, utilizar <i>notebook</i> , enviar mensagens via <i>smartphone</i> , etc.
5	Pró atividade nas respostas	Compartilhamento de experiências, opiniões e comentários
6	Interação demasiada em algum tema	Retorno ao contexto de questionamentos anteriores ou repetição de respostas
7	Ambiente setor de compras e dependências fabris	Verificação superficial, posterior a entrevista, de detalhes que corroborem com o discurso relatado
8	Outros	Situações que impactem no andamento da entrevistas não citadas anteriormente

Fonte: desenvolvido pelo autor (2019).

Ao logo da realização da referida observação o pesquisador manteve uma postura que não provocasse mudanças no comportamento dos observados, tal qual pudessem prejudicar sua espontaneidade ou alterar suas respostas. A observação dos referidos pontos permitiu estabelecer conexões entre as falas dos entrevistados e seus comportamentos não verbais, possibilitando uma melhor análise da conjuntura da entrevista como um todo (GIBBS, 2009).

### 3.3.3 Entrevista semiestruturada

Como método de coleta de dados, esse estudo optou pela aplicação de entrevistas semiestruturadas com colaboradores das empresas que aceitaram participar do estudo, as quais foram agendadas individualmente com cada entrevistado, tendo duração aproximada de 45 minutos ou enquanto as dúvidas do

pesquisador permaneceram e o entrevistado teve disponibilidade. Estas entrevistas foram realizadas pessoalmente, tiveram seu áudio gravado, transcrito, analisado e codificado posteriormente. Para tal, cada entrevistado autorizou a entrevista formalmente através do Apêndice I – Termo de consentimento de entrevistas.

As entrevistas semiestruturadas foram preparadas com perguntas que atendem ao escopo pretendido na entrevista, pois pesquisador precisa desenvolver um roteiro que oriente os entrevistadores ao longo do processo investigativo, padronizando a atividade e diminuindo as interferências que os mesmos podem ter quanto à coleta e interpretação de dados (FLICK, 2012).

Para dar maior credibilidade das informações que foram solicitadas através dos questionamentos foi preciso validar o roteiro com especialistas da área estudada, de modo a corrigir eventuais desvios que eventualmente a interpretação dos dados na pesquisa bibliográfica possam levar e fossem mais facilmente evidenciados por peritos (FLICK, 2012). Posto isso, o roteiro de pesquisa utilizado nesta dissertação passou pela análise de três especialistas nas áreas de: pesquisa qualitativa; Indústria 4.0; e compras; e estão evidenciados no Apêndice G – Retorno de Professores Especialistas que validaram a pesquisa.

Diferentemente da organização estática que possuem os questionários, numa entrevista semiestruturada o entrevistador pode reorganizar a sequência de perguntas, de modo que a mesma ocorra com maior fluidez e se consiga extrair um maior número de informações que contribuam para atingir os objetivos desejados. Como a finalidade da entrevista foi obter as percepções individuais dos entrevistados frente a um tema, as questões previamente elaboradas serviram apenas para dar início ao diálogo entre o entrevistador e entrevistado, não significando que precisassem ater-se à formulação inicial exata da questão elaborada (FLICK, 2012).

Apesar dessa liberdade, a grande razão de existir uma estrutura na condução das entrevistas é mantê-las niveladas e com certo nível de padronização, de modo que todas as respostas sejam comparadas com um mesmo conjunto de perguntas. Nesse tipo de entrevista é necessário habilidade e perspicácia por parte do entrevistador, para que diferenças nas respostas reflitam diferentes opiniões entre os respondentes, e não diferenças nas perguntas (MARCONI; LAKATOS, 2017b).

Ao longo das entrevistas presenciais é imprescindível que o entrevistador faça a gravação em áudio e efetue anotações de campo, formalizando através de um documento escrito a observação de elementos não explicitados pelos entrevistados

em sua fala. A ética da pesquisa sugere que esses dados sejam compartilhados com os entrevistados, de modo que os mesmos saibam que estão sendo observados. Essa documentação em áudio e escrita representa um importante critério de qualidade da pesquisa qualitativa, pois além de compor o processo protocolar de entrevista, auxilia o pesquisador na análise de resultados, dado que o período entre a coleta e a análise de dados normalmente é distante, assim muitos elementos poderiam ser esquecidos pelo pesquisador caso não fossem devidamente transcritos (FLICK, 2012).

O roteiro de entrevistas foi elaborado a partir do modelo de questões de Gottge e Menzel (2017), sendo que algumas perguntas foram adaptadas pelo autor da dissertação conforme necessidades do mesmo. Para tal, as entrevistas foram divididas em 4 etapas com enfoques distintos, de modo a atingir os objetivos da dissertação e conectá-los diretamente com a categorização antes definida através do referencial teórico base para desenvolvimento dessa pesquisa. Assim, segue roteiro de entrevistas:

Figura 12 - Roteiro de entrevista (parte 1)

ETAPA	ENFOQUE	OBJETIVO	CÓDIGO	QUESTÃO / TÓPICO	CONEXÃO COM CATEGORIZAÇÃO	AUTOR BASE
Perguntas gerais e pessoais	Entender a posição do entrevistado em relação ao contexto empresarial e suas percepções gerais quanto aos processos de compras da empresa	-	G1	Conte sua trajetória na área de Compras: cargos e principais atividades.	Não, apenas introdutório	-
		Específico A	G2	Você avalia as práticas de compras da sua empresa evoluídas tecnologicamente? Por quê? Os processos são digitalizados, automatizados e há integração de dados?	I4	GREENGARD (2015), KAGERMANN (2013, 2016), JAZDI (2016), WANG et al. (2016), ROBLEK; MESKO; KAPLEZ (2016), ANG; GOH; SALDIVAR e LI, (2017),
		Específicos C e D	G3	O que você vê como desafios e/ou problemas que as compras empresariais estão enfrentando atualmente? Por quê?	Processos de compras	COASE (1937), WILLIAMSON (1981), SCHUH et al. (2012) BOWERSOX et al. (2014), BOZARTH; HANDFIELD (2015)
Reformulação dos processos empresariais	Analisar de forma implícita se os componentes e princípios da Indústria 4.0 são aplicados na empresa como um todo	Específico A	R1	Na sua empresa você conhece algum dispositivo que permite a interação entre estruturas físicas e informática? Qual?	CPS	HERMANN; PENTEK; OTTO (2015), POOVENDRAN (2010), RODRIGUES; JESUS; SCHUTZER (2016), LEITÃO et al. (2016)
			R2	As decisões são tomadas pelas próprias máquinas em tempo real ou dependem de intervenção humana? Como? Poderiam ser?	Descentralização e capacidade em tempo real	HERMANN; PENTEK; OTTO (2015), XIA et al. (2015), BAUNSGAARD; CLEGG (2015), WANG et al. (2016) e LEITÃO et al. (2016)
			R3	Essas máquinas conversam entre si, com seres humanos ou até mesmo outras empresas? Como?	IoT e Interoperabilidade	HERMANN; PENTEK; OTTO (2015), ISLAM et al. (2015), RODRIGUES; JESUS; SCHUTZER (2016), WANG et al. (2016), LEITÃO et al. (2016), KAGERMANN (2016), e GIANNOZZI et al. (2017)
			R4	Elas influenciam nos serviços prestados pela mesma? Por quê?	IoT e orientação a serviço	HERMANN; PENTEK; OTTO (2015), GUPTA; JHA, (2015), DOMINICI et al. (2016) WANG et al. (2016) e LEITÃO et al. (2016)
			R5	Existem ambientes virtuais que simulam processos? Como?	Virtualização	HERMANN; PENTEK; OTTO (2015) e LI; CHEN (2015)
			R6	As ferramentas utilizadas atualmente se adaptam a alterações de demanda/produto e sazonalidades de mercado?	Modularidade	HERMANN; PENTEK; OTTO (2015), XIA et al. (2015), LEITÃO et al. (2016) e GIANNOZZI et al. (2017)
			R7	Você acredita que fábricas que se utilizam dessas tecnologias são mais "inteligentes" que as demais? Por quê?	Smart Factories	HERMANN; PENTEK; OTTO (2015), JAZDI (2016) e KAGERMANN (2013)
Fazer transição entre primeira e segunda partes da entrevista	Mudança de abordagem de indireta para direta	-	Tópico	Entregar cartões com conceitos básicos componentes e princípios da Indústria 4.0, fazer uma breve explicação sobre os mesmos e sanar eventuais dúvidas para atingir objetivos	Todas subcategorias	-

Fonte: desenvolvido pelo autor (2019), a partir de Gottge; Menzel (2017).

Figura 13 - Roteiro de entrevista (parte 2)

ETAPA	ENFOQUE	OBJETIVO	CÓDIGO	QUESTÃO / TÓPICO	CONEXÃO COM CATEGORIZAÇÃO	AUTOR BASE
Perspectiva operacional de compras reformuladas		Geral, específicos B e D	[...]	Digamos que os processos e tecnologias antes mencionados fossem aplicados ao Departamento de Compras, como eles poderiam remodelar os subprocessos de compra nas empresas para [...]. Se eles já são, por gentileza expor ao longo de sua resposta. Se eles não forem, como poderiam ser?	Processos de compras e I4	ROBLEK et al. (2013), XIA et al. (2015), ZOROJA (2015) WANG et al. (2016), (QIN, 2016), CHIANG (2016) e KUO (2017)
			O1	[...] selecionar Fornecedores?	Selecionar fornecedores	MACAGNAN et al. (2010), SCHUH et al. (2012) e INBRASC (2018)
			O2	[...] negociar e estabelecer contratos?	Negociar e estabelecer contratos	MACAGNAN et al. (2010), SCHUH et al. (2012) e INBRASC (2018)
			O3	[...] receber demandas, emitir ordens de compra e acompanhar entrega?	Atividades de abastecimento	MACAGNAN et al. (2010), SCHUH et al. (2012) e LEE et al. (2017)
			O4	[...] avaliar Fornecedores?	Avaliar performance de fornecedores	BALLOU (2006), BOWERSOX et al. (2014), LIZBETIN; CERNA; DEY; BHATTACHARYA; HO, (2015), LOCH (2015), DORNHOFER; SCHRODER; GUNTNER (2016) e SHI et al. (2017)
			O5	[...] no relacionamento com outras áreas?	Processos de compras	COASE (1937), WILLIAMSON (1981), SCHUH et al. (2012) BOWERSOX et al. (2014), BOZARTH; HANDFIELD (2015)
Perguntas de encerramento	Evidenciar ao entrevistado o tema da pesquisa, de modo que o próprio possa abordá-lo de maneira mais direta, bem como ponderando sobre seu nível de conhecimento sobre o assunto.	Específico C	E1	Quais são pré-requisitos, barreiras e/ou desafios você vê em relação à implementação dos processos/tecnologias antes citados na área de Compras?	Processos de compras e I4	ROBLEK et al. (2013), XIA et al. (2015), ZOROJA (2015) WANG et al. (2016), (QIN, 2016), CHIANG (2016) e KUO (2017)
			E2	Como você vê o papel do Departamento de TI da sua empresa nas mudanças para o setor 4.0 e consequentemente Compras? E dos seus Fornecedores?	Interoperabilidade	HERMANN; PENTEK; OTTO (2015), ISLAM et al. (2015), RODRIGUES; JESUS; SCHUTZER (2016), WANG et al. (2016), LEITÃO et al. (2016), KAGERMANN (2016), e GIANNOZZI et al. (2017)
		Geral, específicos C e D	E3	Quais principais mudanças você gostaria de ver com relação aos processos do setor de compras no futuro?	Processos de compras e I4	ROBLEK et al. (2013), XIA et al. (2015), ZOROJA (2015) WANG et al. (2016), (QIN, 2016), CHIANG (2016) e KUO (2017)
		Específico C	E4	Conte-me um fato extremamente positivo e outro extremamente negativo relacionado às experiências que você já teve quanto ao aprimoramento das ferramentas e/ou sistema operacional na empresa que trabalha.	Processos de compras	COASE (1937), WILLIAMSON (1981), SCHUH et al. (2012) BOWERSOX et al. (2014), BOZARTH; HANDFIELD (2015)

Fonte: desenvolvido pelo autor (2019), a partir de Gottge; Menzel (2017).

Para realização das entrevistas foram contatados 3 profissionais de cada empresa, sendo no mínimo 1 Gestor e mais 2 colaboradores que atuassem diretamente operação do Setor de Compras. Abaixo segue relação de entrevistados, contendo sua codificação, cargo, segmento de compras em que atua, experiência no setor e tempo total de entrevista:

Figura 14 - Relação de entrevistados

EMPRESA	ENTREVISTADO	CÓDIGO	CARGO	ATUAÇÃO	EXPERIÊNCIA EM COMPRAS	TEMPO TOTAL ENTREVISTA
<b>Empresa 1</b>	Entrevistado 1.1	E1.1	Comprador Pleno	Elétricos e mecânicos	10 anos	28min30seg
	Entrevistado 1.2	E1.2	Comprador Sênior	Fundidos, forjados, metais, motores, borrachas e polímeros	14 anos	34min57seg
	Entrevistado 1.3	E1.3	Diretor de Suprimentos	Compras e Logística	18 anos	34min43seg
<b>Empresa 2</b>	Entrevistado 2.1	E2.1	Analista de Importação	Importados gerais	10 anos	39min21seg
	Entrevistado 2.2	E2.2	Comprador Sênior	Matérias primas, transportes e embalagens	10 anos	35min53seg
	Entrevistado 2.3	E2.3	Gerente de Compras	Planejamento e aquisições	12 anos	33min34seg
<b>Empresa 3</b>	Entrevistado 3.1	E3.1	Analista de Compras	Automatização de processos e indicadores de resultados	8 anos	39min21seg
	Entrevistado 3.2	E3.2	Analista de Compras - Líder	Redução de custos, planejamento, controladoria e suporte	3 anos	29min36seg
	Entrevistado 3.3	E3.3	Gerente de Compras	Diretos, indiretos, desenvolvimento de fornecedores e suporte	17 anos	39min38seg
<b>Empresa 4</b>	Entrevistado 4.1	E4.1	Comprador Pleno	Madeiras, tecidos, vinis e adesivos	9 anos	39min30seg
	Entrevistado 4.2	E4.2	Comprador Sênior	Químicos, fibras de vidro e EPI's – Equipamentos de Proteção Individual	8 anos	30min40seg
	Entrevistado 4.3	E4.3	Gerente de Compras	Aquisições	17 anos	50min14seg

Fonte: desenvolvido pelo autor (2019).

A escolha desses profissionais se deveu ao fato de buscar não apenas a percepção estratégica da empresa quanto à investimentos e futuros projetos, como

seria caso as entrevistas fossem efetuadas apenas com colaboradores na posição de gestão, mas sim envolver quem compra na prática, visto que daí emergem as maiores oportunidades de aprimoramento no que tangem aos processos das Empresas.

### 3.3.4 Processo de triangulação

O processo de triangulação tem como objetivo encontrar ao menos três formas distintas para ratificar uma determinada descrição, evento ou fato que está sendo evidenciado em uma pesquisa. Uma triangulação ideal busca não apenas três fontes, mas sim três tipos diferentes de fonte, como uma observação direta, um relato verbal e um documento (YIN, 2016).

Sob essa ótica, o referido estudo efetuará a triangulação de métodos. As entrevistas semiestruturadas configurarão os (i) relatos verbais e como descrito em seu procedimento, ao longo de sua execução serão efetuadas anotações de campo, evidenciando a (ii) observação direta. Tendo em vista que os processos anteriormente citados serão efetuados *in loco* nas empresas, ao término dos mesmos serão solicitados aos entrevistados alguns (iii) documentos que ratifiquem alguns dos elementos descritos ao longo das respostas de suas entrevistas.

Figura 15 - Triangulação

Nº	PROCESSO DE COLETA DE DADOS	OPERACIONALIZAÇÃO
1	Entrevista semi estruturada	Entrevistas presenciais realizadas nas dependências das empresas com um total de 12 colaboradores: 3 por empresa, sendo no mínimo 1 gestor
2	Observação	Aplicação do protocolo de observações ao longo das entrevistas e demais dependências visitadas da empresa
3	Pesquisa documental	Acesso aos procedimentos internos do setor de compras e/ou manual de Fornecedores e/ou visita às dependências fabris da empresa

Fonte: desenvolvido pelo autor (2019).

Mediante essa abordagem, a triangulação superou as limitações que a utilização de um método exclusivo impõe e através da combinação de procedimentos

distintos potencializando as abordagens teóricas. Como os mesmos são utilizados de maneira complementar, todos possuem a mesma relevância, por mais que alguns permitam uma maior profundidade do que outros (FLICK, 2009).

A necessidade de triangular corroborou como outra forma de reforçar a validade de um estudo, todavia foi menos latente, dado que o pesquisador capturou e registrou os dados de maneira direta. Assim, o mesmo pôde confirmar as evidências necessárias e exatas ao estudo que foi efetuado (YIN, 2016).

### 3.4 ANÁLISE DE DADOS

Efetuada a coleta de dados, o pesquisador necessita classificá-los de forma sistemática, de maneira que a posterior interpretação dos arquivos seja facilitada. Para tal, sugerem-se três etapas: a (i)seleção, a qual trata do exame minucioso dos dados, com vista a identificar falhas ou informações confusas, distorcidas ou incompletas nos registros coletados; a (ii)codificação, que é o processo de categorização dos dados que se relacionam, algo que permite distribuí-los de maneira lógica e contá-los; e, por fim, a (iii)tabulação, esta que consiste na distribuição desses dados em tabelas, facilitando a verificação de suas inter-relações e possibilitando compará-los (MARCONI; LAKATOS, 2017b).

Tendo em vista a multiplicidade de enfoques analíticos possíveis em um estudo de caso, não há apenas um método específico a ser seguido ao longo do processo de análise e interpretação de seus dados. Sua definição depende da abordagem que foi adotada ao longo do estudo pelo pesquisador, tal qual da natureza dos dados encontrados (GIL, 2009). Nesse estudo o método de interpretação escolhido foi a análise de conteúdo.

#### 3.4.1 Análise de conteúdo

A análise de conteúdo constitui numa técnica que permite estudar a comunicação humana de forma sistemática e objetiva, podendo ser aplicável a qualquer tipo de comunicação escrita. Trata-se de um procedimento que permite identificar a frequência que um determinado fenômeno ocorre em relação a um determinado tema, possibilitando categorizá-lo, organizá-lo e interpretá-lo (GIL, 2009). De modo a efetuar essa tarefa de forma sistematizada, agregando critérios de

qualidade mais aprofundados ao trabalho, será utilizado o *Software* QSR NVivo. Contudo, a análise de conteúdo serve também aos propósitos de:

(1) Auxiliar na identificação das intenções e outras características dos comunicadores; (2) identificar o *status* de pessoas ou de grupos; (3) revelar atitudes, interesses, crenças e valores dos grupos; (4) identificar o foco de atenção das pessoas e grupos; e (5) descrever as atitudes e respostas aos meios de comunicação. (GIL, 2009, p.98).

Para o alcance desses fins, alguns procedimentos metodológicos são utilizados na análise de conteúdo: na (a) categorização, classificam-se os elementos por diferenciação e em seguida reagrupam-se de acordo com seu gênero, como numa analogia, sendo o primeiro passo na objetivação durante a análise; na (b) descrição expõem-se os resultados dessa categorização, evidenciando os achados na análise; na (c) inferência é feito o processo de dedução de maneira lógica de algo do conteúdo que está sendo analisado e aceita-se uma proposição em virtude de outra proposição anterior já aceita como verdadeira; e, por fim, na (d) interpretação procuram-se atribuir significados mais amplos aos conteúdos analisados, trabalhando na produção do conhecimento (MINAYO, 2015).

### **3.4.2 Codificação e categorização**

A interpretação dos dados é um dos principais pilares da pesquisa qualitativa. Na análise de conteúdo a interpretação é uma etapa secundária, que ocorre após a coleta de dados e é a essência do processo empírico. Sua função principal é desenvolver a teoria, servindo como embasamento para novas coletas de dados e no processo de seleção de quais casos deverão seguir no estudo (FLICK, 2009).

A codificação ou categorização de dados consiste na decomposição, conceituação e rearticulação de forma distinta dos dados obtidos na pesquisa, de modo a possibilitar uma interpretação mais profunda dos mesmos. Tal metodologia se baseia em três etapas: aberta, axial e seletiva, que devem ser adequadas de acordo com os desafios particulares de cada trabalho, bem como as necessidades do próprio estágio (TAKAHASHI, 2013).

Na codificação aberta os dados e fenômenos são expressos na forma de conceitos, identificados através das ideias centrais apresentadas e servindo como se fossem rótulos que possibilitam a construção da teoria segundo esses blocos de

dados. O agrupamento das ideias e eventos sob um sistema de classificação é precedida da transcrição e análise de todo o material coletado, permitindo localizar palavras-chave que representem o significado do que está sendo trazido pelo entrevistado, ou seja, segmentando dados (FLICK, 2009; GIL, 2009).

Em um segundo momento, na codificação axial, as categorias são relacionadas às suas subcategorias, evidenciando o nível de propriedades e dimensões que ocorrem em torno de um mesmo eixo. Tendo em vista o elevado número de conceitos geralmente obtidos na fase aberta, se faz necessário reorganizar os dados e aprimorar o modelo construído. A análise comparativa das categorias já formadas e a seleção das mais promissoras para um posterior aperfeiçoamento, facilita a identificação da essência e as subordinações dos dados coletados. Entende-se como categorias promissoras aquelas que se ajustam a uma maior quantidade de trechos possível (FLICK, 2009; GIL, 2009).

Por fim, na terceira e última etapa, a codificação seletiva permite dar continuidade a etapa axial em um nível maior de abstração. Para isso é necessário integrar e refinar as categorias verificadas, reduzindo ao menor elemento do material que é possível analisar, até evidenciar-se a essência do que representa o tema principal da pesquisa. Assim, é possível explicar resumidamente do que trata a pesquisa, por meio de uma categoria central e subcategorias que gravitam ao seu redor. Esse processo pode ser facilitado, potencializado e obter maior garantia de sua qualidade por intermédio de programas de computador, dada a grande quantidade de dados transcritos (FLICK, 2009; GIL, 2009).

A formulação de categorias em uma pesquisa pode ocorrer em dois momentos: *a priori*, na qual os conjuntos são obtidos por meio de pressuposições que vem antes da análise de dados; ou então, *a posteriori*, quando se utilizam dados empíricos a partir de observações para expor os achados científicos ao longo do estudo (APOLINÁRIO, 2011). A seguir seguem categorias e subcategorias, bem como os momentos em que as mesmas foram delineadas:

Figura 16 - Conceitos teóricos, categorias, delineamento e codificação

CONCEITO TEÓRICO	CATEGORIA	SUBCATEGORIA	DELINEAMENTO	CÓDIGO
Indústria 4.0	Componentes I4	Sistemas Ciber Físicos	<i>À priori</i>	<b>CPS</b>
		<i>Internet</i> das Coisas	<i>À priori</i>	<b>IOT</b>
		<i>Internet</i> dos Serviços	<i>À priori</i>	<b>IOS</b>
		<i>Smart factories</i>	<i>À priori</i>	<b>SF</b>
	Princípios I4	Interoperabilidade	<i>À priori</i>	<b>INT</b>
		Virtualização	<i>À priori</i>	<b>VTZ</b>
		Descentralização	<i>À priori</i>	<b>DCT</b>
		Capacidade em tempo real	<i>À priori</i>	<b>CTR</b>
		Orientação para serviço	<i>À priori</i>	<b>ORS</b>
		Modularidade	<i>À priori</i>	<b>MOD</b>
Compras	Processos Compras	Selecionar fornecedores	<i>À priori</i>	<b>SEL</b>
		Negociar e estabelecer contratos	<i>À priori</i>	<b>NEG</b>
		Atividades de abastecimento	<i>À priori</i>	<b>ABT</b>
		Avaliar performance de Fornecedores	<i>À priori</i>	<b>AVA</b>
	Compras 4.0	Benefícios	<i>À posteriori</i>	<b>BEM</b>
		Pré-requisitos, barreiras e desafios	<i>À posteriori</i>	<b>PBD</b>

Fonte: desenvolvido pelo autor (2019).

Tendo em vista que as análises qualitativas estão delineadas por teorias e conceitos preexistentes (GIBBS, 2009), optou-se nesse estudo pela construção de categorias *a priori*. Dada a estratégia de interpretação de dados por meio de análise de conteúdo, ao final da pesquisa essas categorias foram reavaliadas, existindo a necessidade de inclusão de duas categorias *a posteriori*. Essas categorias foram incluídas em detrimento de estarem presentes na integralidade dos discursos dos entrevistados, conforme pode ser verificado a seguir na categorização:

Figura 17 - Categorização

CATEGORIA	SUBCATEGORIA	EMPRESA 1			EMPRESA 2			EMPRESA 3			EMPRESA 4		
		E1	E2	E3									
Componentes I4	Sistemas Ciber Físicos CPS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Internet das Coisas - IoT	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
	Internet dos Serviços - IoS												
	Smart factories				X	X	X	X		X	X	X	X
Princípios I4	Interoperabilidade				X					X		X	X
	Virtualização	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Descentralização				X					X		X	
	Capacidade em tempo real	X	X	X			X	X	X			X	X
	Orientação para serviço												
	Modularidade	X	X			X	X		X		X		X
Processos Compras	Selecionar fornecedores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Negociar e estabelecer contratos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Atividades de abastecimento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Avaliar performance de Fornecedores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Compras 4.0	Benefícios	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Pré-requisitos, barreiras e desafios	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: desenvolvido pelo autor (2019).

A categorização exposta na imagem supracitada possui uma marcação, X, quando se faz presente no discurso do entrevistado. Cabe citar a inexistência de referência quanto a 2 categorias, evidenciando um maior distanciamento da sua aplicabilidade na pesquisa efetuada. Por outro lado, 7 categorias foram mencionadas por todos entrevistados, demonstrando a conexão do tema com o objeto de pesquisa.

Munidos de um maior aprofundamento teórico, bem como instigados a pensar em como os componentes e princípios da Indústria 4.0 podem ser aplicados nos processos de compras das empresas, emergiram as categorias *à posteriori*. Tais categorias foram de suma importância no processo de análise, visto que pautaram o desenvolvimento do esquema conceitual entregue por essa pesquisa.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As análises foram efetuadas primeiramente por empresa. Nela, agregou-se os diagnósticos por entrevistados para poder gerar uma compilação de percepções. Após, as empresas foram analisadas comparativamente em duas etapas: a primeira no que tange sua análise compilada; e a segunda de acordo com a soma de suas percepções com os demais participantes do estudo multi caso. Para exposição dos dados foram utilizados os seguintes *softwares* de análise:

**NVivo 11 Pró** – para as análises das entrevistas individuais:

- a- **Gráficos de hierarquia** – representam a importância de cada nó/categoria/subcategoria naquela entrevista conforme a quantidade de vezes que trechos mencionados pelo entrevistado ao longo de seu relato possuem relação quanto aos conceitos teóricos antes pesquisados sobre os mesmos;
- b- **Nuvens de palavras** – indicam de forma visual as palavras que tiveram maior recorrência ao longo de cada entrevista.

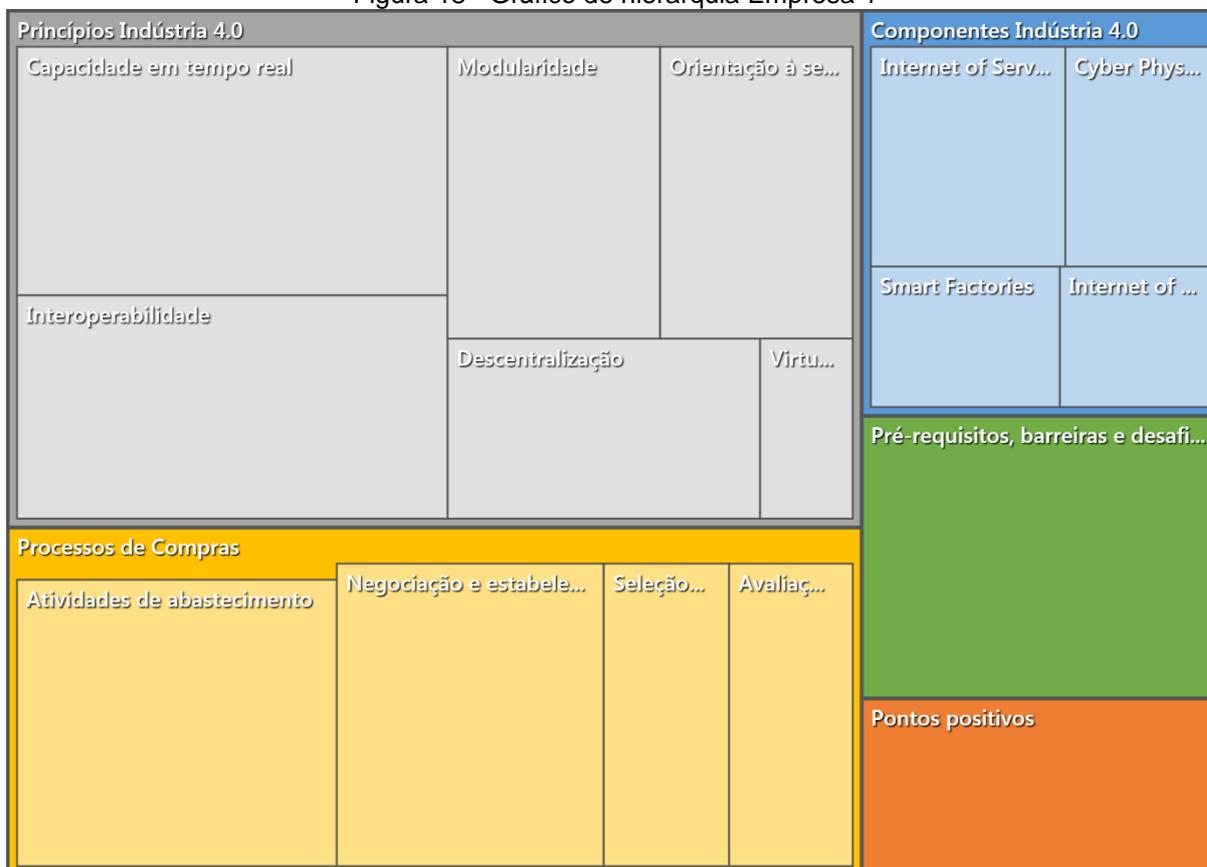
**Microsoft Excel** – para as análises das compilações de entrevistas por empresa e criação do esquema conceitual, respectivamente:

- c- **Gráficos radar** – sugerem o contexto atual da empresa quanto aos componentes e princípios da indústria 4.0. Para isso, foi realizada uma análise binária, onde sim é igual a 1, e não é igual a vazio/zero, quanto a menção da subcategoria no discurso do entrevistado. Em seguida, relaciona-os com os processos de compras, atuais e ideais de acordo com a compilação dos 3 entrevistados por empresa e soma-os;
- d- **Esquema conceitual** – apresenta a compilação de melhores práticas e percepções dos entrevistados, criando um modelo de fluxograma funcional que agrega os macroprocessos do setor de compras com os componentes e princípios da indústria 4.0.

Dessa forma, pretendeu-se evidenciar a percepção geral dos participantes do estudo, aspectos de abordagem exclusiva, similaridades e diferenciações em detrimento aos aspectos gerais apontados pelos demais entrevistados.

## 4.1 EMPRESA 1

Figura 18 - Gráfico de hierarquia Empresa 1



Fonte: desenvolvido pelo autor a partir do *software* NVivo (2019).

No gráfico de hierarquia da empresa 1 há predominância dos princípios da indústria 4.0, aplicados nos processos de compras ao longo de suas interações junto aos fornecedores, quando comparados aos componentes da indústria 4.0. A ênfase na aplicação dos princípios da capacidade em tempo real e interoperabilidade nos processos e sistemas atuais da empresa possuem *interface* direta com as atividades que compradores executam atualmente, focadas no recebimento de requisições de compras, acompanhamento da entrega de materiais, negociação e estabelecimento de novos contratos.

Nesse íterim o entrevistado 1 aponta que a empresa 1 é dotada de *softwares* que os municiam de dados relevantes para o andamento do processo em tempo real, entretanto não conversam entre si e por muitas vezes estão em acessos restritos de uma, ou outra área, algo que também é explícito no discurso do entrevistado 3:

Hoje elas (as atividades) ocorrem em tempo real, os dados são extraídos em tempo real, mas não são compartilhados entre as máquinas e em nosso sistema, como eu disse, a gente ainda não está tão avançado nesses conceitos da indústria 4.0, mas os dados estão aí e é uma questão de algumas adequações e investimentos que precisaríamos fazer para poder realmente utilizá-los. (ENTREVISTADO 3).

Assim, comentam sobre a utilização de ferramentas paralelas para suprir essa carência: “É um sistema de fácil acesso, porém não é automático: virou o mês, a gente tem que alimentar os dados” (ENTREVISTADO 1). Complementam ainda que, se implementadas melhores formas de trocas de informação, teriam suas atividades na área de compras otimizadas como prestador de serviço para as demais áreas, bem como propõem o compartilhamento dessas informações entre empresas com critérios semelhantes no que tangem informações não confidenciais de fornecedores, algo que agilizaria a seleção e homologação dos mesmos.

Se a gente tivesse um banco de dados com, por exemplo, fornecedor X, fornecedor Y, fornecedor Z, eu poderia pensar num fornecedor de aço e usar isso para homologar ele no meu sistema de fornecedores. Hoje o que acontece é que aparece um fornecedor X, mas mesmo assim eu começo do zero toda a auto avaliação, auditoria, solicitação de certificados, análises.... Se a gente tivesse um banco de dados com todas essas informações, conseguiríamos agilizar a contratação de fornecedores e também ser mais assertivos. Já aconteceu de fazermos uma auditoria num fornecedor, ser tudo às mil maravilhas e o cara não te entrega a peça ou te entrega com má qualidade. (ENTREVISTADO 2).

Dessa forma, o comprador poderia otimizar seu tempo, deixando de executar atividades que não agregam valor, para trabalhar no que realmente é elemento central da função de compras, analisar condições comerciais, negociá-las e estabelecer contratos. Os entrevistados ainda postulam que esse conjunto de *softwares* e máquinas lhes trazem uma série de dados, que hoje não são analisados e transformados em algo inteligível, informações, e aí estaria a grande mudança:

São dados, os quais não se basta ter dados e informações e não os utilizar, não é mesmo?! Então, eu acho que é uma mudança de paradigma, começar a utilizar essas informações, as quais são dados importantíssimos de onde se pode conseguir informações de capacidade de máquina, ociosidade e produtividade. Então, se uma máquina está sendo mais produtiva do que a outra, defeitos, problemas de tempo que a máquina ficou parada, *setup*, todos esses dados você consegue gerir e comparar uma máquina com a outra, desempenho de uma célula com outra célula e diferentes fábricas. (ENTREVISTADO 3).

Nesse escopo, fica evidente a possibilidade de implementação da IoS, referência que alicerça o discurso dos colaboradores quanto ao aprimoramento dos processos com vistas a facilitar, agilizar e aumentar a produtividade de processos por meio de integração e comunicação entre sistemas e empresas. Comentam ainda sobre a existência de dispositivos que geram continuamente dados sobre a produtividade de determinados maquinários, entretanto, que os mesmos não são compartilhados entre as máquinas e servem apenas de forma orientativa quanto ao seu desempenho.

Em relação aos demais princípios fazem breves alusões quanto à orientação à serviços caso implementados os tópicos antes mencionados: “Hoje, nós temos uma equipe de sete pessoas que ficam diariamente fazendo a cobrança das entregas. Se eles pudessem ter este acesso (às informações), embasaria a informação que eles passam para os outros departamentos” (ENTREVISTADO 1). A interface mencionada quanto à comunicação entre as partes, restrições e parâmetros de implementação podem ser verificados sinteticamente na nuvem de palavras abaixo.

Figura 19 - Nuvem de palavras Empresa 1



Fonte: desenvolvido pelo autor a partir do *software* NVivo (2019).

Na nuvem de palavras da empresa 1 a palavra “fornecedores”, apresentou maior recorrência, repetida 105 vezes, seguida de “compras”, “hoje”, “empresas” e “sistema”, repetidas 48, 48, 46 e 45 vezes respectivamente. Esse conjunto está diretamente atrelado às conexões interempresariais levantadas pelos seus colaboradores, bem como exprime o direcionamento dos entrevistados ao meio externo que os permeia no horizonte atual de suas atividades.

Fora esse contexto, os entrevistados citam também a existência de ambientes de virtualização e sistemas modulares em determinadas etapas do processo produtivo, mas que isso não é disseminado por toda organização, bem como não evidencia descentralização nas decisões. Acrescentam ainda que a modularidade dessas ferramentas em formatos de plataformas de fornecimento poderia possibilitar a inserção de parâmetros modificáveis que descentralizem as decisões ao longo do processo de compras, simulem o processo em ambiente virtual e dinamizem ainda mais os dois princípios iniciais: “Dentro disso a gente buscou uma plataforma de dados que você consegue analisar o que o teu fornecedor está pedindo com o que o mercado está informando. Isso nos trouxe bastante embasamento com negociações” (ENTREVISTADO 2). “Fazemos simulações em CAD em desenvolvimentos de engenharia, sei que o pessoal faz essas simulações, mais em desenvolvimento de produtos” (ENTREVISTADO 3).

No que se referem aos Componentes da Indústria 4.0 comentam sobre a existência de sistemas de RFID para controles de embalagens indicando a existência de CPS e IoT. Contudo, as informações são armazenadas em um sistema isolado, sem interação com demais sistemas, impedindo o aprimoramento através da IoS: “Tem muita coisa que dá para fazer. A gente é muito cobrada de o porquê que as peças não chegaram. Já teríamos um atalho nas informações. As outras áreas poderiam ver em que etapa do processo está. Facilitaria muito” (ENTREVISTADO 2).

Pela falta de cooperação entre sistemas, a Empresa 1 fica restrita a possibilidade de tornar a fábrica mais inteligente. Seus colaboradores apresentam uma grande preocupação no atendimento em tempo real das demandas de seus clientes internos e para isso sugerem a utilização geral de ferramentas de monitoramento, controle e trocas de informações:

Nessa parte da automatização das informações, para mim, seria importante acabar com os e-mails. E-mail seria só para registrar informações e tudo seria registrado através de portais, através de sistemas compartilhados, de forma padronizada. Tu ter um padrão para cotações, tu ter um padrão para desenvolvimentos, e deixar numa nuvem onde todos possam ter acesso. Não ser mais algo pessoal. (ENTREVISTADO 1).

Para os entrevistados o investimento é o principal empecilho da Empresa 1, dadas dificuldades financeiras que vem passando, algo que impõe barreiras quanto ao custo de novos investimentos nos componentes e consequente disseminação dos

princípios da Indústria 4.0. Segundo eles, estas tecnologias somente se tornarão uma realidade na empresa no curto prazo caso tragam retorno de uma maneira ágil. “Eu acho que hoje é investimento. Bem especificamente na Empresa 1, só está se investindo em algo que é extremamente necessário ou que traga um retorno num prazo muito rápido.” (ENTREVISTADO 1). “Eu vejo, falando de Empresa 1, hoje uma dificuldade seria que tudo envolve investimento. Isso é uma barreira.” (ENTREVISTADO 2). “[...] capacidade financeira da empresa em fazer frente a tudo isso tudo isso tem um custo tem prazo e demanda recurso além de financeiro, recurso de pessoas também [...]” (ENTREVISTADO 3).

Fora isso, enxergam também resistência quanto à um processo até então desconhecido, todavia que fará com que a Empresa “não tenha mais fronteiras” quanto ao desenvolvimento de sua cadeia de Fornecedores, algo que potencializa a análise comparativa de custos. Para tal, recomendam uma maior aproximação da sua área de TI junto a seus Fornecedores e até mesmo com o mercado, de modo a buscar novas tecnologias e ferramentas, visto que: “o caminho da informatização é algo sem volta e que leva as Empresas para um patamar diferenciado, sendo seu principal ponto positivo.” (ENTREVISTADO 1).

A pesquisa documental e observação direta trouxeram informações no que se refere à preparação da Empresa para a “era 4.0”. Foram apresentados novos *softwares* e máquinas adquiridos que tem como premissa atender aos princípios de interoperabilidade e capacidade de tempo real, havendo subprojetos para prepará-las para a integração interna e posteriormente disseminar com os Fornecedores.

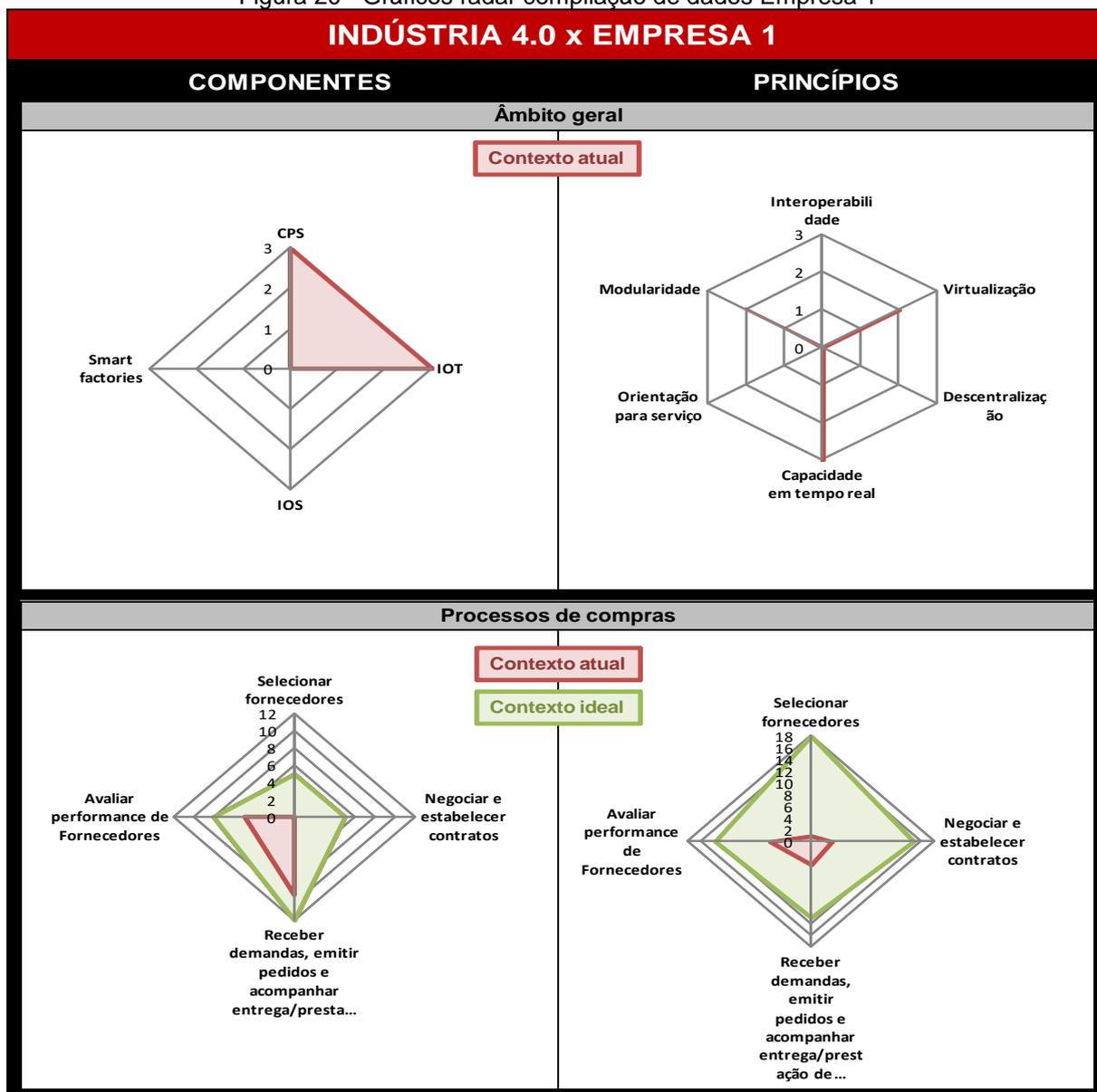
Especificamente sobre essas mudanças nos processos de compras o entrevistado 3 mencionou de forma direta um planejamento na etapa de seleção de Fornecedores com decisões descentralizadas através do estabelecimento de parâmetros prévios onde: “[...] se tudo estiver funcionando corretamente, o Comprador não vai nem precisar falar com o Fornecedor na etapa de seleção [...]” e que essa análise seria mais equitativa. Ademais dessa etapa, vê maior dificuldade na negociação de forma “automática”, pois nunca será possível prever todas as variáveis e reações da outra parte, mas que é possível mitigá-las.

Como consenso entre os entrevistados a utilização dessas tecnologias tem como principal ponto positivo o aumento da integração de informações entre as partes, tratando-as de forma detalhada, clara e objetiva, algo que faz com que ambas as

partes entendam as premissas do outro e assim cheguem em um objetivo comum, permitindo negociar contratos de maior lucratividade mútua.

Posto isso, são apresentados a seguir os gráficos radar da compilação de dados da empresa 1, nos quais as análises efetuadas corroboram com o que antes foi evidenciado pelos entrevistados.

Figura 20 - Gráficos radar compilação de dados Empresa 1



Fonte: desenvolvido pelo autor a partir do *software* Microsoft Excel (2019).

Na compilação de entrevistas da empresa 1 há consenso no discurso dos três entrevistados de que há presença dos componentes da indústria 4.0, CPS e IoT em seu ambiente produtivo, ainda que em fase inicial de projeto. Por outro lado, inexistente a aplicação da IoT e aproveitamento mais latente dos conceitos de *Smart Factories*.

Para os princípios da indústria 4.0 presentes na empresa 1, o tópico de maior consonância se referiu à capacidade de seus sistemas trabalharem em tempo real, apoiados por ambientes modulares em alguns departamentos e que possibilitam a virtualização de processos básicos. Entretanto, os mesmos não estão interligados, não possuem autonomia na tomada de decisão e conseqüentemente ainda não são utilizados na orientação dos serviços para a mesma.

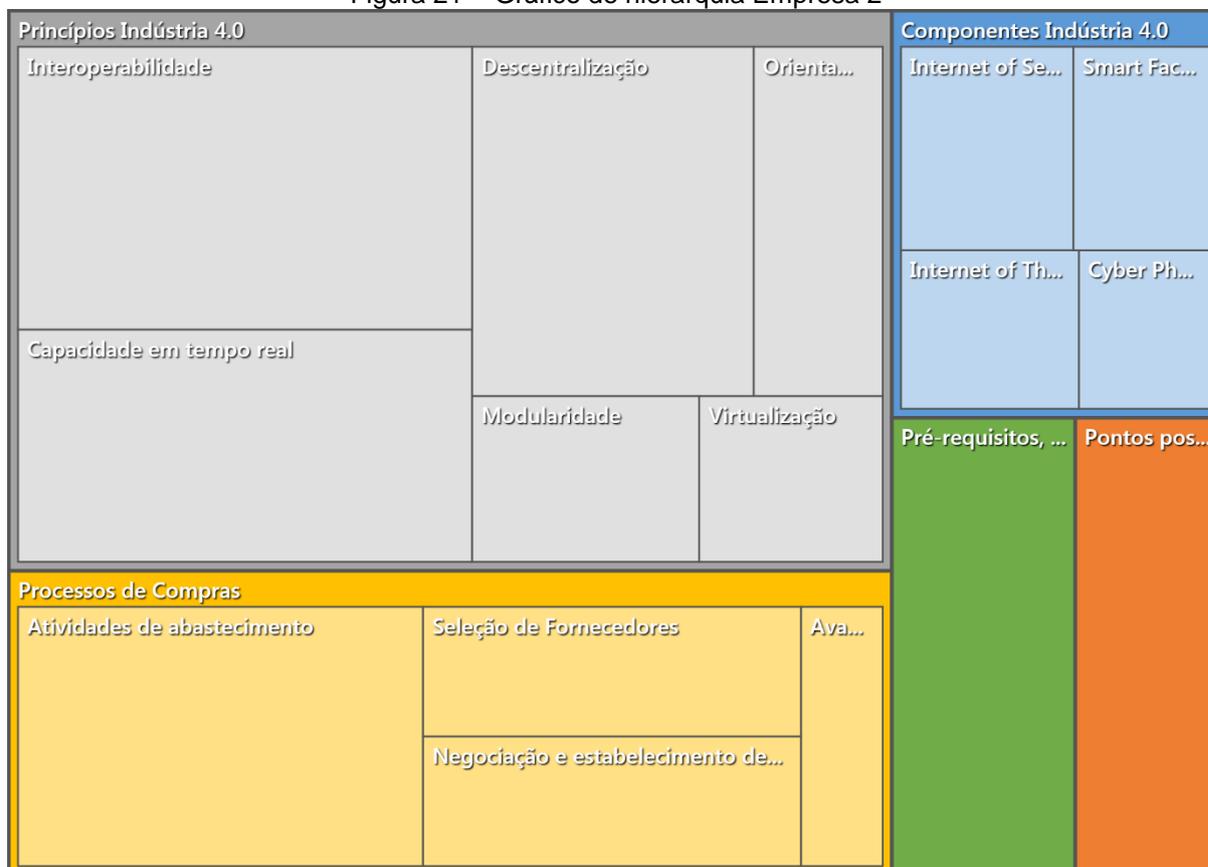
No que tange à utilização dos componentes da indústria 4.0 nos processos de compras da empresa, todos os entrevistados manifestaram o desejo da utilização de CPS e IoT no acompanhamento de entregas e prestação de serviços, algo que facilitaria diretamente a avaliação de performance dos fornecedores, bem como indiretamente na negociação, estabelecimentos de contratos futuros e a seleção de fornecedores, caso esses dados fossem compartilhados entre empresas.

Quanto ao emprego dos princípios da indústria 4.0 nos processos de compras da empresa, os entrevistados vislumbram de forma comum uma maior aplicabilidade em relação à de seleção de fornecedores. Embora a empresa ainda não tenha iniciado projetos para tal, seria um processo dependente apenas de parametrização, algo mais simples de ser obtido, sem a necessidade de grandes investimentos.

Ainda sob essa ótica, a negociação e estabelecimento de contratos seria a próxima etapa em que veem mesma operação, condicionada apenas da intervenção humana no fechamento da negociação ou no aparecimento de um parâmetro não detectado previamente. Finalmente, apesar de seu contexto atual estar mais voltado às atividades de abastecimento e avaliação de fornecedores, os entrevistados vislumbram que tais implementações são muito mais dependentes dos componentes do que dos princípios da indústria 4.0.

## 4.2 EMPRESA 2

Figura 21 - Gráfico de hierarquia Empresa 2



Fonte: desenvolvido pelo autor a partir do *software* NVivo (2019).

O gráfico de hierarquia da empresa 2 denota foco nas atividades de abastecimento, princípios de interoperabilidade e capacidade em tempo real com ênfase na operação junto à fornecedores. Nesse sentido, o entrevistado 1 expõe que a empresa possui um sistema operacional próprio que possui grande dificuldade de comunicação entre os departamentos da própria empresa e que reflete indiretamente em dificuldades de comunicação também com o meio externo, principalmente seus fornecedores.

Segundo ele, atualmente essa falta de interação gera perda de eficiência na operação, pois o tempo demandado na busca e análise de relatórios, transformando dados em informações poderia ser feito pelo próprio sistema e de forma mais dinâmica. Apesar dessas dificuldades de comunicação que um sistema operacional próprio possui, cita que essa estratégia lhes possibilita uma capacidade de reação frente a mudanças do setor de compras muito maior do que veem com outros *softwares* de mercado.

A gente sofre muito com isso, porque são relatórios e tu tem que analisar item a item e entrar em contato com os fornecedores. E se tu for considerar isso aqui, seria algo automático, que o teu sistema já sabe (ENTREVISTADO 1).

O entrevistado 3 entende que é necessário integrar o sistema de compras da empresa 2 com “o que acontece lá fora” tornando a gestão da cadeia de suprimentos mais efetiva, sem interferência de sua equipe. Para tal, pretende automatizar o processo descentralizando etapas hoje executadas pelo seu time, invertendo essas operações junto a seus Fornecedores e fazendo com que o seu portal de compras comunique com seu sistema operacional.

O entrevistado 1 comenta sobre a existência de uma ferramenta chamada “mapa de compras” que através de uma plataforma modular lhes permite simular diversas situações de programação e conseqüentemente ter negociações mais vantajosas à sua empresa. Visão compartilhada pelo entrevistado 2 que manifesta que a grande mudança que gostaria de ver nos processos de compras no futuro é deixar de ter que executar atividades operacionais para poder trabalhar em negociação e formação de fornecedores, o que traria resultados mais expressivos à organização e que pode ser feito com ferramentas simples, como o mapa de compras.

O mapa de compras, te dá a visão de quantos meses tu quer para frente. Mas o grande problema é a interação para que eles conversem e a gente possa evitar alguns problemas. (ENTREVISTADO 1).

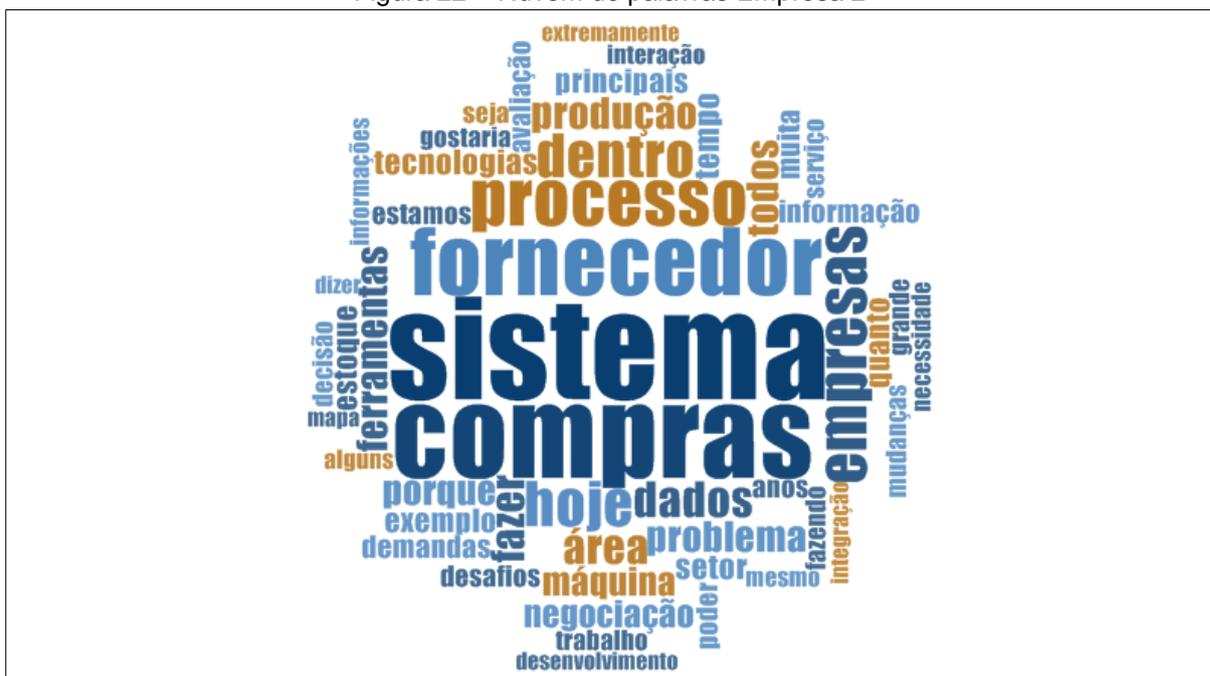
A primeira coisa boa é a entrada do mapa de compras, que é um sistema relativamente simples, que entrou há uns oito anos na empresa 2. Mudou muito a nossa rotina e forma como se faz o levantamento de necessidades. Antes, tu tinhas que passar item a item, estoque a estoque, consultar como estava, calcular no Excel... O mapa é uma ferramenta bem simples que compilou tudo isso e dá um resultado, com pouca intervenção nossa. (ENTREVISTADO 2).

Conforme o entrevistado 1 há um projeto em desenvolvimento de um portal de fornecedores para melhorar as comunicações e aprimorar a orientação à serviços, seleção e avaliação dos mesmos. Dessa forma, este projeto poderia ser vinculado a outro projeto da empresa que está em execução, que é um sistema computadorizado que monitora e controla os processos de transformação de matérias primas em produtos acabados, configurando assim, mesmo que de forma inicial, a organização para uso de componentes da indústria 4.0.

Assim, explica que essa mudança tem onerado grandes investimentos à empresa e embora apresente uma ótima saúde financeira, há em sua cultura

austeridade e profunda reflexão antes de movimentações desse porte, bem como em seus colaboradores está muito presente o paradigma da desconfiança nessas mudanças. Como pontos positivos dessa nova visão, alicerça suas falas na interoperabilidade de sistemas e integração de dados, algo que apresenta oportunidades de melhoria na empresa e que a criação de grupos de trabalho entre os diferentes departamentos tem feito a mesma progredir nesse quesito.

Figura 22 - Nuvem de palavras Empresa 2



Fonte: desenvolvido pelo autor a partir do *software* NVivo (2019).

A nuvem de palavras do discurso dos entrevistados segue a linha de destaque nas atividades de abastecimento, bastante presentes nas suas atividades atuais, tais quais princípios de interoperabilidade e capacidade em tempo real, em função de limitações de comunicação de seu “sistema”, repetido 70 vezes, nas “compras”, repetido 60 vezes, junto a seus “fornecedores” repetido 45 vezes, acontecem.

Nesse escopo o entrevistado 2 explana que ao seu ver o sistema próprio da empresa está evoluindo bastante, entretanto ainda há um grande caminho a percorrer para que possa equiparar-se com a vanguarda do mercado, ou até mesmo com as demais áreas da empresa, estas que apresentaram maior evolução anteriormente.

Há um projeto que a empresa está introduzindo para um melhor aproveitamento do processo de transformação, antes citado pelo entrevistado 1. Este projeto é capitaneado pelo entrevistado 3, com vistas a unificar as visões de produção com o

planejamento de materiais, e assim ser mais assertivo, reduzindo estoques e o caixa demandado por isso. Essa comunicação é feita por um sistema automatizado nas máquinas que transmitem resultados, todavia ainda não indica ou toma decisões à serem tomadas. Como o projeto está em fase de implantação, cita que ainda não é possível saber se impactou positivamente na execução de seus serviços, e pelos desenvolvedores de seu sistema serem internos, facilita a adequação de ferramentas conforme a demanda almejada, apesar dos mesmos não serem modulares.

Estamos instalando o sistema X. Ele já está instalado em várias máquinas. Ele controla o que a máquina está fazendo e fica uma tela no computador e uma tela na fábrica que a gente consegue medir o quanto está sendo produzido, o quanto já produziu... São tudo indicadores que a gente usa para melhorar nossos problemas. Por exemplo, a parada é muito por causa da qualidade. Então compras tem que ver o que está comprando para ter mais qualidade. Se o problema é parado por outros motivos, tem que ir lá na linha e ver o que está acontecendo. Esse é um sistema bem recente. (ENTREVISTADO 1).

Ele está integrado ao nosso planejamento de produção. Já existe essa interface construída e em alguns pontos da fábrica coletando dados para serem tratados e fazerem uma melhoria do nosso processo. (ENTREVISTADO 3).

Nele, comenta sobre as facilidades que isso trouxe para sua atividade, entretanto que as máquinas e seu sistema de compras ainda não tomam decisões baseadas em algum evento, dependendo assim, sempre da intervenção humana.

Como está numa fase inicial de projeto, o entrevistado 2 comenta que é muito difícil controlar o que não se conhece, e assim, estão determinando parâmetros de inteligência artificial para compras automáticas, situação que traz um diferencial competitivo não apenas na compra, mas também na venda. Desse modo, os clientes podem se beneficiar por uma fábrica que funciona de modo lógico, seja em produtos de maior qualidade, com maior disponibilidade ou menores custos.

Para o entrevistado 2 esses mesmos pensamentos podem ser aplicados na seleção, negociação, recebimento de demandas e emissão de ordens de compras junto aos fornecedores. Para ele, as informações poderiam ser disponibilizadas em nuvem, onde premissas e necessidades de ambos os lados seriam tabuladas, criando uma base histórica de compras que traria maior confiabilidade ao processo e teria decisões totalmente descentralizadas, desde que bem parametrizada. Finalmente, esse contexto possibilitaria adequar a avaliação dos fornecedores no atendimento perfeito ou não dessas determinações.

Pela pouca integração de dados entre os diferentes setores da empresa, fica evidente para o entrevistado 2 a contínua interação manual que seus colaboradores precisam executar como prestadores de serviços para outras áreas no acompanhamento de requisições de compra, algo que pode ser aprimorado. Não obstante, o entrevistado 3 vê o ritmo de implantação de novos sistemas e ferramentas na empresa mais lento do que o mercado exige, situação que faz muitas vezes novas opções serem introduzidas perto da sua obsolescência.

Poderíamos ter um acompanhamento em tempo real por parte de qualquer um dos setores que precisassem daquele serviço. Se tiver mais integração entre nós, o fornecedor e a área afim, eu não precisaria passar mais um retorno para esse solicitante. Ele vai acessar tudo no sistema, vendo quando vai chegar, fazendo com que todos os setores pudessem ter melhores tomadas de decisões. (ENTREVISTADO 2).

O entrevistado 2 explica também que esse cenário ocorre, ao seu ver, por um conflito de gerações na empresa no qual muitas ferramentas são descartadas, porque têm algumas pessoas que não sabem utilizá-las, sendo esse o principal ponto à ser aprimorado. Como pré-requisito para o funcionamento desses processos, o entrevistado 3 expõe a necessidade de trabalhar com as diferentes gerações e os níveis de conhecimentos inatos de cada uma delas e que os ajustes de sistema terão que andar ao mesmo passo, algo que hoje é um entrave na empresa, pois segundo ele o tempo entre garimpar uma oportunidade e implementá-la é muito grande. Como ponto positivo, cita a criação de grupos de trabalho junto a seu departamento de TI para aprimorar e agilizar os processos de compras.

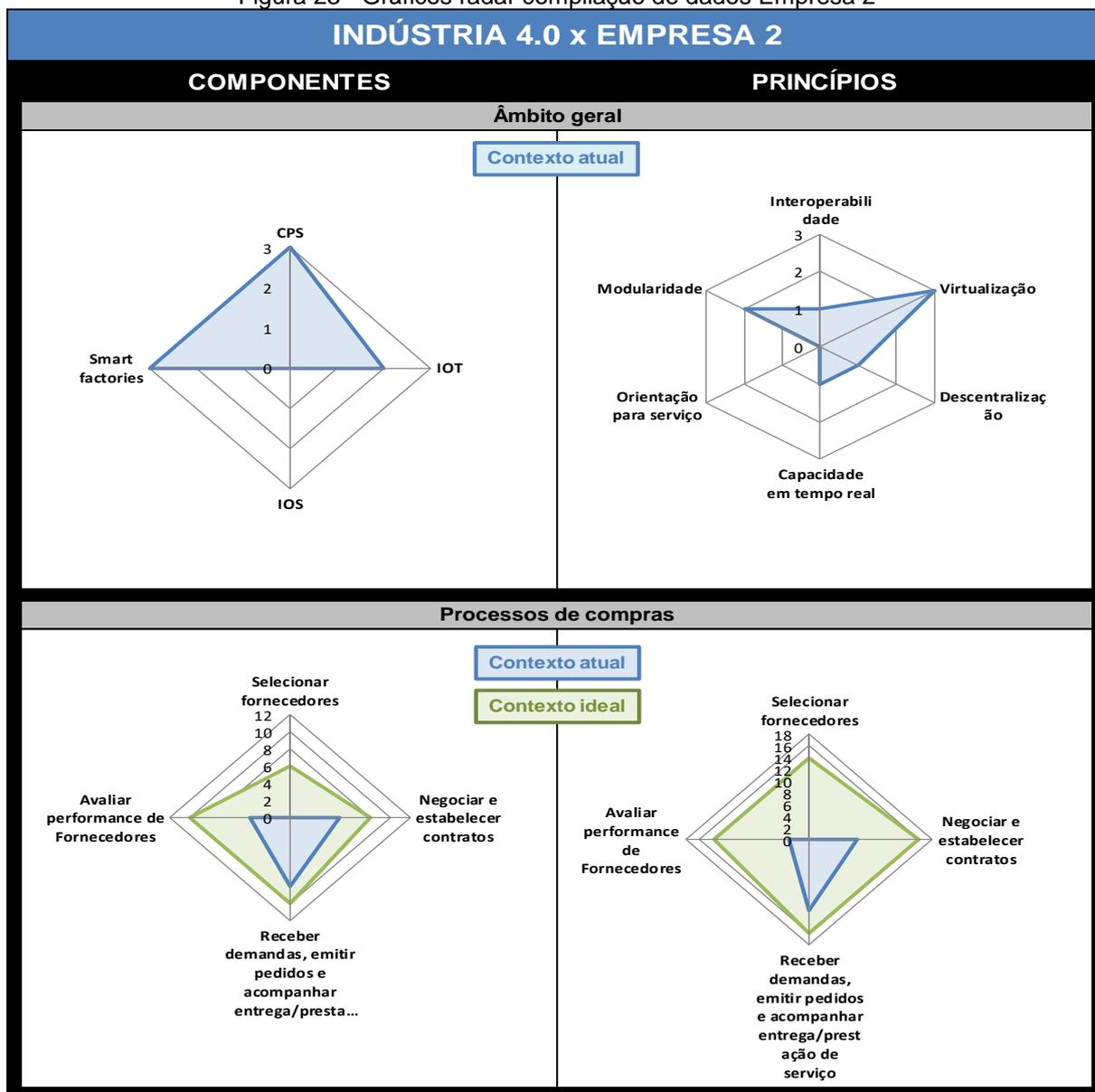
Barreiras... tem toda a área cultural. Tem que ter pessoas treinadas e que consigam perceber toda essa necessidade, essa ferramenta como um benefício. A gente cria muita coisa que é boa para uma empresa do grupo e que para outra não serve, porque não sabe utilizar ou porque tem conflitos de gerações. (ENTREVISTADO 2).

Primeiro, eu vejo maturidade de equipe. Gap de gerações. Temos compradores mais velhos, mais novos e cada um está mais aderente a algum tipo de tecnologia. Aí existe toda a diferença de conhecimento. Outro ponto negativo demora muito para colher frutos, como temos muitas empresas, para que seja garimpada uma oportunidade demora muito tempo. É um gap muito grande. (ENTREVISTADO 3).

Desse modo, pretende elencar critérios à serem disponibilizados nesse mesmo portal para remodelar o processo de seleção de fornecedores, criar contratos de compra e venda simplificados e dotá-lo de inteligência artificial para verificar os

requisitos mínimos e preferenciais em uma negociação, chegando ao acordo possível com o máximo de benefícios possíveis. Após isso, o recebimento de demandas e emissão de ordens de compra seria facilitado, automatizando o carregamento dessas informações para dentro as ordens e enviando para os fornecedores. Com isso funcionando, será mais fácil estabelecer o nível de serviço requerido e controlá-lo.

Figura 23 - Gráficos radar compilação de dados Empresa 2



Fonte: desenvolvido pelo autor a partir do *software* Microsoft Excel (2019).

Na compilação de entrevistas da empresa 2 fica evidente no trabalho que está sendo executado o sentido de tornar seu ambiente fabril mais inteligente. Para isso, vêm trabalhando na introdução de maquinários dotados de sistemas ciber físicos para coletar dados continuamente e disponibilizá-los em rede para posterior análise. Após

a referida etapa, passarão a utilizar esse maior acervo de dados para racionalizar atividades e aprimorar a prestação de serviços interna, e em seguida, dissipar essa metodologia ao meio externo, seus clientes e fornecedores.

Nesse caminho evolutivo projetam a continuidade das melhorias no processo de recebimento de demandas, emissão de ordens de compra e acompanhamento da entrega/prestação de serviço de seus fornecedores por meio dos componentes da indústria 4.0. Considerando um cenário futuro onde esse aprimoramento torne-se realidade, poderão então ter uma avaliação de seus fornecedores justa, bem como mais subsídios de informações ao longo do processo de negociação e estabelecimento de contratos. De forma paralela, e não ligada diretamente à essas movimentações, pretendem aprimorar o funcionamento de seu portal de fornecedores com vistas de que o a seleção evolua em mesmas proporções, não ficando com o processo como um todo desbalanceado.

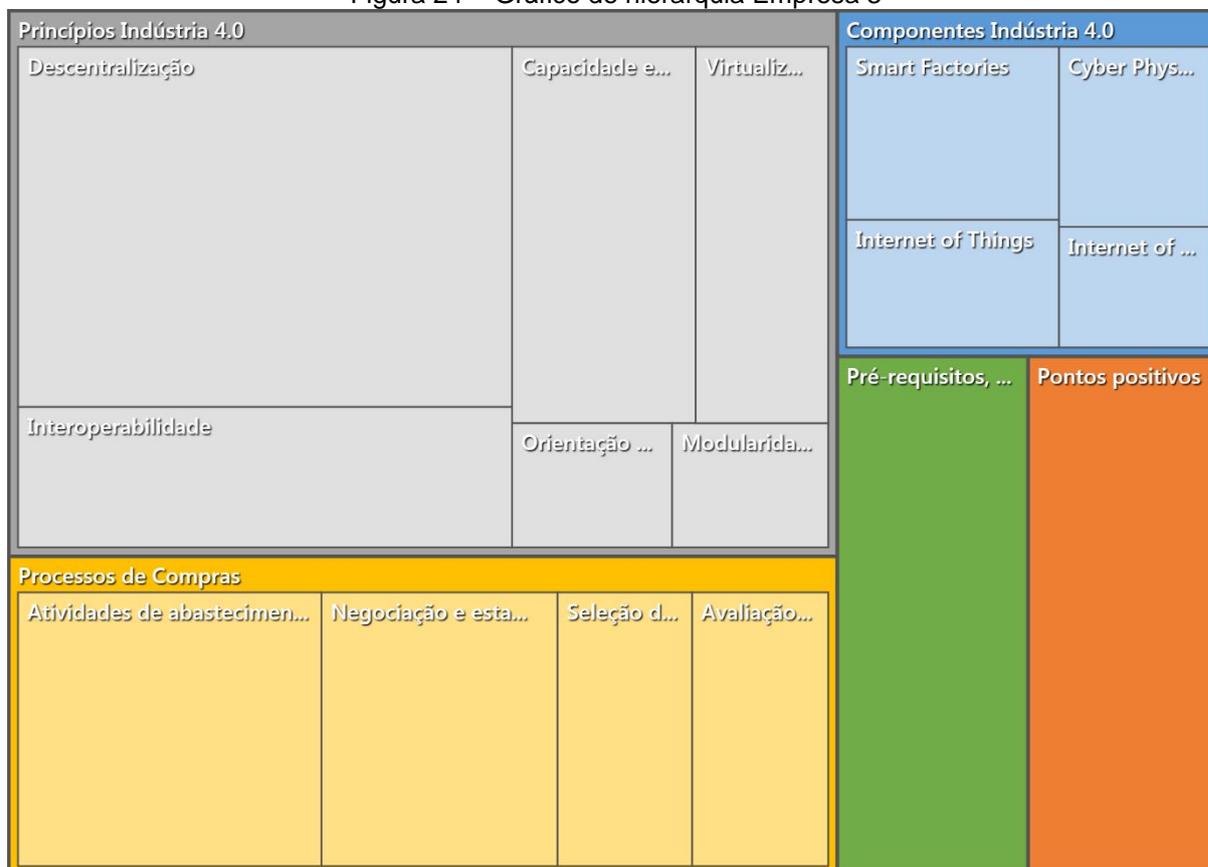
No que se referem aos princípios da indústria 4.0, o projeto com os componentes reflete em elementos iniciais dos princípios de descentralização, capacidade em tempo real e interoperabilidade entre seus sistemas. Por outro lado, seu “mapa de compras” já está bem instituído e possibilita ambientes modulares de virtualização na atividade de planejamento e compra de materiais de variados segmentos, o que o faz ser visto pelos entrevistados como um ícone de sucesso no seu processo de evolução tecnológica.

Utilizando esse exemplo, possível apenas através da criação de grupos de trabalho junto a outros setores, pretendem utilizar-se do lado positivo de ter um sistema próprio para flexibilizar o atendimento de suas demandas. No entanto, precisam que isso ocorra de forma dinâmica, atualizada de acordo com o que está disponível no mercado e que juntos encontrem meios para superar a desconfiança interna dos colaboradores motivada pelo choque de gerações.

Com o objetivo de maximizar a utilização dos princípios da indústria 4.0 cabe ressaltar a necessidade clara de integrar dados entre os diferentes sistemas da empresa, de modo que os mesmos possam ser consultados em tempo real e transformados em informações de maneira mais simples que atualmente, algo que, apesar de não aparecer diretamente no discurso dos entrevistados, esteve presente de forma indireta ao longo de praticamente todas as suas falas.

## 4.3 EMPRESA 3

Figura 24 - Gráfico de hierarquia Empresa 3



Fonte: desenvolvido pelo autor a partir do *software* NVivo (2019).

O gráfico de hierarquia da empresa 3 apresenta forte tendência a descentralização e interoperabilidade nas atividades de abastecimento, negociação e estabelecimento de contratos. Nesse escopo o entrevistado 1 traça um paralelo entre a realidade da empresa, com demais centros industriais do país e do mundo, citando que para a região da Serra Gaúcha, sua empresa é uma das mais evoluídas, entretanto, quando comparada ao maior centro industrial Brasileiro, a região metropolitana de São Paulo, bem como com outro expoente da produção mundial, que é a China, suas práticas têm muito o que evoluir.

Mediante isso, seus maiores entraves atuais se referem a sua cadeia de fornecimento não estar acompanhando a evolução tecnológica e de interação junto à sua empresa. Na mesma, já houveram testes de recebimento de materiais dotados de RFID, onde todos esses componentes possuíam conferência e geolocalização em tempo real por meio da interação de CPS e IoT, entretanto pelos motivos antes citados, não conseguiram evoluir de modo expressivo. Fora isso, também tem um

projeto em testes de transporte interno de materiais por meio de *drones*, configurando o uso dos mesmos componentes. No entanto, ambas operações não possuíam descentralização completa na tomada de decisão, dependendo da intervenção humana principalmente em quesitos relacionados à segurança.

Teve início um processo onde a peça tinha um chip e, ao invés de eu depender de um operador para saber se ele colocou todos os componentes para entregar o produto final, era detectado em um painel. (ENTREVISTADO 1).

Quanto a melhoria dos serviços prestado a seus clientes por consequência da utilização dessas ferramentas, comenta que não evidenciaram até então uma melhoria na qualidade dos produtos, apenas nos prazos de atendimento e aumento da eficiência. Segundo ele uma máquina apenas analisa parâmetros pré-definidos muito mais rapidamente e não descansa, mas não resolve algum problema novo, o que não poderia ser considerado como uma fábrica mais inteligente. Ao fim da verificação sobre os princípios, o entrevistado citou que na maioria dos processos da empresa são testados em ambientes virtuais antes de implantar células físicas.

Partindo para uma utilização direta de princípios e componentes no dia a dia do setor de compras entende que máquinas parametrizadas poderiam executar as atividades de seleção de fornecedores, negociação e estabelecimento de contratos por meio de leilões com objetivos pré-definidos, comparando a estrutura dos fornecedores e suas propostas com uma base de dados presente na IoS. Após isso, a empresa necessitaria alimentar seu sistema apenas com informações relativas à vendas, pois após isso os sistemas entre empresas estariam ligados de tal modo que o setor de compras seria apenas um canal de ligação entre cliente e fornecedor, determinando aquilo que se quer.

O entrevistado 1 cita que por ser uma empresa que iniciou familiar, ainda possui traços culturais muito fortes e que há nos times muitos colaboradores que não possuem tamanha abertura à processos inovadores e a mudar processos que até então davam certo, diminuindo a dinâmica de mudanças e também centralizando decisões. Menciona que o setor de compras tem evoluído muito, que quando iniciou na área os pedidos eram remetidos através de fax e que a evolução tecnológica ocorre pela obsolescência que novas tecnologias impõe às antigas, tornando-as mais baratas, bem como a dinâmica em sua implantação é facilitada: “as ferramentas hoje

vêm mais prontas”. Mediante o exposto entende que há maior disponibilidade de tecnologia às empresas de menor porte, e que essas tecnologias vistas como ultrapassadas para empresas grandes, ainda lhes são úteis.

Complementa ainda que no passado qualquer tipo de evolução dependia de altos investimentos, bem como para implementá-las demorava um período muito maior do que atualmente. Alguns projetos demoravam 3 ou 4 anos, agora essa realidade mudou. Diferentemente do progresso antes mencionado, o entrevistado 3 cita que o principal desafio do setor de compras atualmente é fazer com que diferentes plataformas e ferramentas interajam corretamente, de modo que o contexto proposto se consolide no mercado. Frisa também que a responsabilidade deve ser mútua entre os *stakeholders* não podendo ser imposta por uma ou outra parte, indiferente da relação de poder existente entre elas.

A grande dificuldade é a questão da conectividade, as plataformas não se conversarem. Para ti ter uma relação mais assertiva, mais prática e mais automática efetivamente, que exija menos esforço por um lado ou pelo outro. Para que seja um processo que ande de maneira mais indolor. Hoje, tem muita tecnologia que é desenvolvida, porém essa falta de conectividade gera muito trabalho. Um problema que eu vejo é que tu só passas responsabilidade, enquanto deveria ser uma relação mútua. Acho que é isso que precisamos trazer daqui para frente: consolidação de ferramentas, consolidação de tecnologia de uma forma que facilite a vida dos dois lados. (ENTREVISTADO 3).

O entrevistado 1 reforça um posicionamento antes exposto: máquinas apenas executam o que as pessoas determinam, sem essas determinações bem-feitas, de pouco adiantam componentes e princípios, bem como cita que no passado já tiveram parte de suas linhas de produção paradas em detrimento de parametrizações incorretas ou que deixaram de ser feitas: “Ao invés de eu ter um comprador sentado, eu vou ter uma máquina, que vai comprar 24 horas por dia, sem tomar café, descansar ou ir no banheiro. Mas sim, tem influência e impacto”.

Ainda nesse enfoque, o entrevistado 2 expõe que o processo de manufatura possui ambientes de virtualização, todavia não nas compras, algo que poderia evoluir. O mesmo entende que a utilização desses componentes faz a empresa mais competitiva e ágil, pois segundo ela “robôs nunca erram e nem descansam” diferente dos seres humanos. Assim, permitirão o melhor aproveitamento do tempo das pessoas para atividades estratégicas e menos demora na entrega de dados para geração de indicadores, algo que potencializará a capacidade de análise das pessoas.

Eu acredito que, ao passo que, um robô está parametrizado, ele não vai errar. Diferentemente, de um ser humano, que querendo ou não, acaba errando. Ele vai ser mais produtivo nessa questão de falhas e também na questão do próprio tempo, porque o robô trabalha 24 horas por dia. Então acaba destinando o tempo daquelas pessoas para outras coisas, para estarem sendo mais estratégicas e, conseqüentemente, tornando a empresa mais inteligente e mais competitiva. (ENTREVISTADO 2).

Além do revelado, para o entrevistado 2 conforme surgirem novas decisões a serem tomadas, o robô seguirá um princípio de lógica no sistema, definindo cada “se” da situação, e assim, escolhendo o melhor caminho de acordo com a circunstância. A priori esses robôs não estão interagindo entre si, apenas com sistemas e humanos, entretanto há intenção de que comecem a fazer com o desenvolvimento desse projeto.

Estamos buscando robôs para fazerem atividades. Justamente para fazer a interface com as demandas de outros setores. Hoje, a gente tem pessoas que fazem manualmente isso e a gente quer destinar essas pessoas para algo mais analítico. Os robôs fariam a correlação entre setores. (ENTREVISTADO 2).

Esse pensamento é aprofundado pelo entrevistado 3, no que diz respeito aos principais desafios da área. O mesmo enxerga a necessidade de profissionais com a mente aberta a ponto de ter disrupções nos processos hoje existentes. Aliado a isso, uma equipe de TI que consiga garimpar o que há de melhor conforme as necessidades da empresa em meio a um excesso de tecnologia presente no mercado, sendo a automatização a principal mudança.

O que tu precisas num primeiro momento de disrupção, é pessoas com a mente aberta e com tempo para pensar no diferente. Acho que isso era o principal problema que a gente está conseguindo contornar. (ENTREVISTADO 3).

A nuvem de palavras da empresa 3 deixa claro o foco em seus próprios processos citando a palavra “compras” 64 vezes. Ademais, conectam a mesma junto a seus “fornecedores” repetida 53 vezes, tal qual “empresas” e “processos”, repetidas 46 vezes cada. Esta análise está alinhada à fala do entrevistado 1 quando cita que o setor de compras deve deixar de ser um gargalo, como menciona ser atualmente, para que “ficasse em *off*”, ou seja, os demais setores saberiam que existe, entretanto tamanha seria sua agilidade que ela passaria despercebida, algo que é o principal norteador de seu trabalho.



à algum evento antes não mapeado, tornando a manufatura mais inteligente e as pessoas mais efetivas: “Então acaba destinando o tempo daquela pessoas para outras coisas, para estar sendo mais estratégico e, conseqüentemente, tornando a empresa mais inteligente e mais competitiva”.

Toda essa conjuntura é simulada em ambientes virtuais antes de introduzida, aumentando a assertividade nesse ínterim e diminuindo os custos. Quanto à modularidade de processos, menciona que os projetos ainda são tratados de forma bastante específica, dificultando a aplicabilidade deste princípio, mas que acredita que com o amadurecimento da metodologia é algo alcançável.

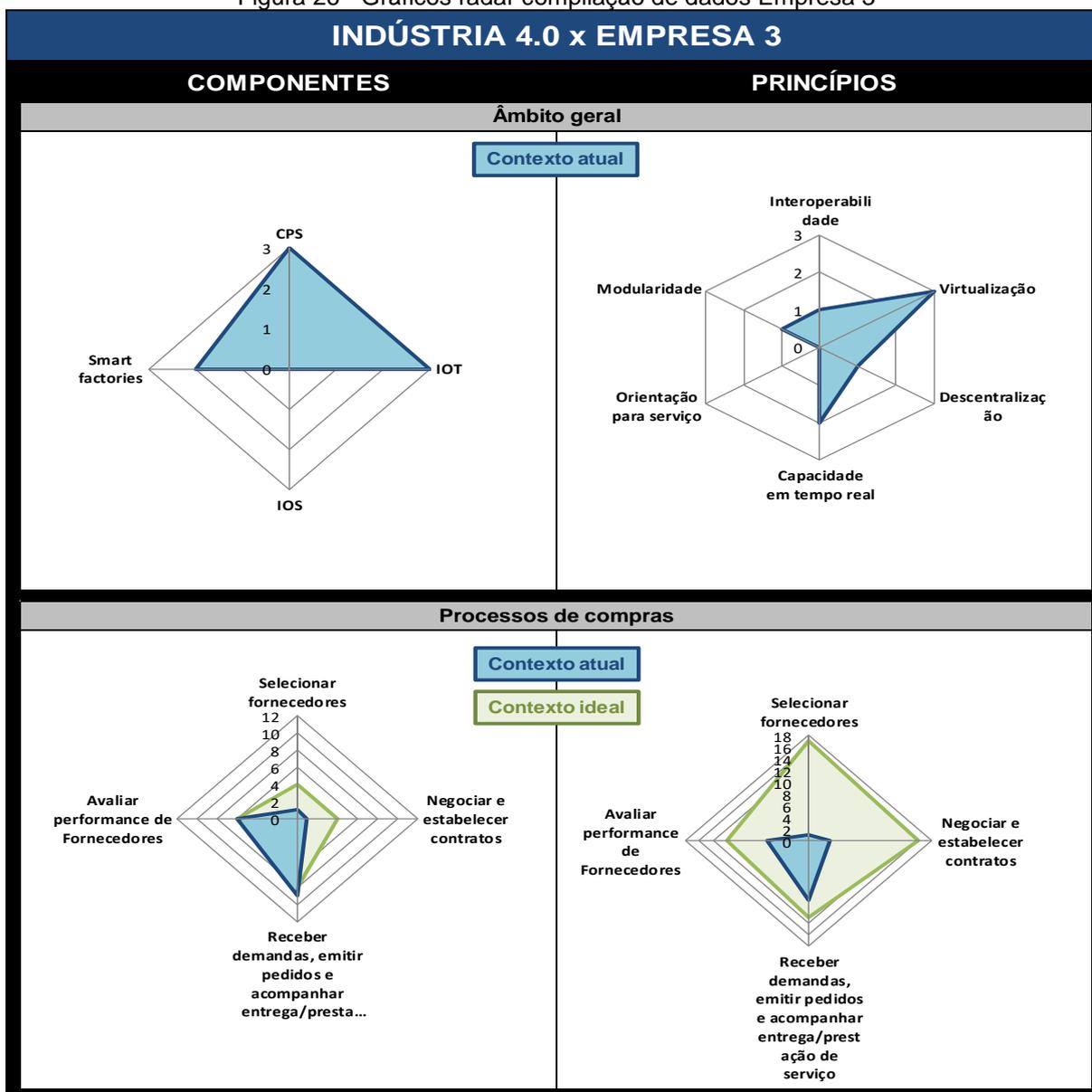
De acordo com o entrevistado 3, o grande advento dessas tecnologias e metodologias é disponibilizar mais tempo às pessoas, possibilitando o ócio criativo, algo que as faz pensar no que até então não havia sido pensado. Tudo isso, possibilita aproveitar melhor os recursos disponíveis e tornar a empresa mais rentável, visto que a crescente globalização e concorrência não possibilitam mais ter perdas em processos tão grandes como havia no passado.

Influenciam primeiro pela disponibilização de tempo. O ócio criativo, eu acredito muito nisso. A partir do momento que tu tens algo que te disponibilize mais tempo, eu acho que é uma intervenção importante. Outra questão é pela assertividade e a confiabilidade que dá no processo. (ENTREVISTADO 3).

No que tange à aplicação do exposto nos processos de compras, entende ser fundamental disseminar processos. Para tal, sugere que metodologias sejam introduzidas, as equipes se desenvolvam, padrões sejam estabelecidos, e assim, a automatização será possível. Especificamente em relação à seleção de fornecedores, entende que as auditorias presenciais não podem ser substituídas, todavia, que o restante do processo pode ser sim automatizado, bem como se as empresas trabalharem de forma mais colaborativa isso pode ser potencializado.

No que diz respeito a contratos, menciona que seu processo atual sofre com o excesso de informação e a parametrização por meio de sistemas pode lhes apoiar no filtro das mesmas de forma mais dinâmica. Aliado a isso, as atividades de recebimento de demandas, emissão de pedidos e acompanhamento de entrega poderiam ter um comparativo diretamente atrelado ao contrato antes estabelecido, e desse modo, formular a avaliação de fornecedores, algo já existente na empresa, entretanto com menor conectividade entre sistemas e processos.

Figura 26 - Gráficos radar compilação de dados Empresa 3



Fonte: desenvolvido pelo autor a partir do *software* Microsoft Excel (2019).

Na compilação de dados da empresa 3 o trabalho de aporte de sistemas ciber físicos conectados em rede em seus maquinários é percebido de forma unânime entre os colaboradores e seus resultados vêm apresentando-se de forma positiva sob a ótica dos mesmos. Não há evidências de utilização ou projetos futuros em relação à disponibilização em rede dessa maior estrutura de dados obtida através da utilização desses componentes para o aprimoramento de seus serviços.

Ao verificar a aderência dos princípios, fica clara a existência de virtualização na empresa, principalmente na manufatura, com sistemas trabalhando em tempo real e alguns traços de descentralização, modularidade e interoperabilidade no contexto,

todavia nem tanto disseminados como o primeiro item. Seguindo a linha dos componentes, os entrevistados também não deixam transparecer de que atualmente o emprego desses princípios tenha lhe apoiado numa maior orientação à prestação de serviços, conforme cita o entrevistado 2: “a gente tem processos automatizados, mas a gente busca muito mais automatizações”.

Como contexto ideal na utilização de componentes, os entrevistados sugerem que as implantações antes apresentadas os apoiam nas atividades de abastecimento e avaliação de fornecedores, suprindo suas demandas e podendo evoluir gradativamente quando tratar de negociações, implantações de contratos e seleção de fornecedores.

Em qualquer tomada de decisão, entre uma troca e outra de fornecedores, me ajudaria, porque, de novo, eu teria comparações reais. Eu teria situações reais do fornecedor dentro de uma estrutura *online*. Eu poderia ter principalmente comparações entre fornecedores, para saber se eu troco ou não. Hoje a gente mede qualidade tendo que ir todos os dias visitar os fornecedores para ver se o cara tem ou não qualidade. Me ajudaria em qualidade e nas condições do fornecedor. Poder compará-las ou simulá-las. (ENTREVISTADO 1).

Em escala quase que inversamente proporcional, demonstram grande esperança de que a disseminação dos princípios da indústria 4.0 corrobore no aperfeiçoamento das atividades de negociações, implantações de contratos e seleção de fornecedores. Entretanto, não conseguem enxergar com tamanha latência de que estes poderão lhes apoiar nas atividades de abastecimento e seleção de fornecedores, as quais hoje são muito mais presentes na empresa, não em razão de princípios, mas sim, pela presença de componentes.

Como benefícios percebidos ressaltam em coro a maior eficiência no uso do tempo de seus colaboradores para pensar, deixando as execuções serem automatizadas por meio de robôs e possibilitando o “ócio criativo”. Essa visão inovadora parece estar sendo difundida no setor estudado, todavia o grande desafio paira em fazer com que essa compreensão possa ser estendida junto aos demais setores da empresa, algo que faz com que colaboradores menos propensos a correr riscos tendam a apresentar maior receio quanto às mudanças de processos que essas tecnologias trazem consigo.

## 4.4 EMPRESA 4

Figura 27 - Gráfico de hierarquia Empresa 4



Fonte: desenvolvido pelo autor a partir do *software* NVivo (2019).

O gráfico de hierarquia gerado a partir do discurso dos entrevistados da empresa 3 demonstra o anseio em utilizar ferramentas conectadas que diminuam sua carga operacional e possuam autonomia para decisões de baixa complexidade ao longo das atividades de abastecimento. Para tal, pautam suas falas no uso de conceitos de fábricas inteligentes, bem como na melhoria da prestação de serviço que isso possibilitaria à todas as partes interessadas no processo.

Apoiado nessa perspectiva, o entrevistado 1 sugere o uso de sistemas modulares com capacidade em tempo real, para todos os envolvidos no processo de compras, algo que diminua o fluxo informal de comunicação, principalmente *e-mails* e telefonemas, fatores que dificultam a execução de atividades estratégicas necessárias na sua função e que impactam diretamente nos resultados da empresa, como são as negociações e estabelecimento de contratos.

A nossa entrada de necessidade, criação de código, tudo isso funciona “OK”, automatizado. Mas tem muita coisa que a gente faz por fora do sistema, que é responder *e-mail* o dia inteiro. Nós temos um fluxo de recebimento e resposta de *e-mail* que gira mais de 100 *e-mails* por dia, com certeza. São diversos problemas que o nosso sistema não consegue trabalhar sem interferência humana alguma. (ENTREVISTADO 1).

O mesmo entende que pelo fato da empresa possuir uma grande flexibilidade no atendimento das demandas de seus clientes, o uso de ferramentas padrão e a integração das mesmas, por maior qualidade que possuam, hoje é dificultado. Complementarmente, essa flexibilidade gera um grande número de personalizações e em consequência disso, uma dificuldade no planejamento de demandas à médio e longo prazos, culminando em problemas de abastecimento.

Esse contexto faz com que a empresa e/ou seus fornecedores possuam estoques elevados, que por muitas vezes se tornam obsoletos. Fora isso, ocorrem mudanças no sequenciamento de entrada de linha de produção, algo que interfere no funcionamento de CPS e IoT, os quais são utilizados para baixa automática de componentes e localização do produto ao longo do processo produtivo através de um APS – *Advanced Planning Scheduling*, um programa que serve para apoiar os sistemas de ERP normais no planejamento avançado de produção em tempo real.

Demandas de última hora. A gente não consegue prever. Hoje, o principal problema é que os fornecedores nos pedem um *lead time* de 30 a 90 dias, e a visão de carteira que nós temos vendido hoje não chega a tudo isso. Ou então, se chega a tudo isso, muitas mudanças acontecem nesse período. Essas demandas de última hora são o principal problema. Por nós trabalharmos com produtos muito personalizados, nem sempre vem da área requisitante uma demanda na sua totalidade. A gente acaba tendo surpresas lá na frente, quando não tem como voltar atrás. Hoje o nosso principal problema é o principal atrativo para o mercado, a gente ter um produto muito personalizado. (ENTREVISTADO 1).

Todavia, se esse planejamento prévio não é seguido por um ou outros motivos, há necessidade de intervenção humana para efetuar os ajustes pertinentes, impossibilitando decisões descentralizadas. Esse programa de planejamento efetua simulações virtuais do ambiente produtivo e está em projeto a integrar-se com o MES – *Manufacturing Execution System*, um sistema que fará o monitoramento de produtividade de seus componentes com fabricação verticalizada. Atualmente essas trocas de informação estão sendo verificadas para funcionar apenas internamente, todavia o Entrevistado expõe que, quando esse processo estiver totalmente integrado junto à seus Fornecedores, sua atividade como Comprador será facilitada.

O entrevistado 2 repete as informações do entrevistado 1, no que se refere a presença de CPS e IoT ligados à sistemas de ERP e APS e agora evoluindo para o MES. Complementa ainda que, após o fechamento desse ciclo de sistemas automatizados no meio produtivo, interligar o mesmo aos demais setores como o de compras é um grande desafio, mas que será muito positivo quanto à assertividade e agilidade no processo produtivo.

Na empresa que eu atuo seria importante citar o RFID. Então, pra receber demandas, se a gente tem o RFID em todos os produtos, conforme ele sai do nosso depósito, dá a baixa automática do sistema e a gente recebe as novas demandas pra emissão das ordens de compras, e teremos um menor custo de estoque, menor armazenagem, menor tempo de abastecimento e um controle melhor. Assim, evitar “furos” de estoque. (ENTREVISTADO 2)

No entendimento do entrevistado 2, as empresas que se utilizam dessas tecnologias são mais competitivas que as demais, visto que quando os processos estão alinhados e dinâmicos os custos acabam sendo reduzidos. Sob esse viés, acresce que vê uma demanda exponencial no que se refere ao acompanhamento das entregas dos fornecedores, seja no quesito de pontualidade quanto de qualidade, visto que segundo o mesmo existem hoje muitos dados com esse histórico, porém poucas informações, em função de que na maioria das vezes os dados extraídos não são tratados e/ou não possuem todos os acontecimentos que por ventura causaram um eventual distúrbio.

Sim, com certeza. Elas são melhores em termos de análises e competitividade com os concorrentes, porque elas estão um passo à frente. Sempre que se tenha um passo à frente na tecnologia, nesse sentido, o processo é melhor e, conseqüentemente, o custo acaba sendo reduzido. Então, ela tem esse diferencial perante aos concorrentes que não utilizam essas tecnologias. (ENTREVISTADO 2).

Mediante o exposto, o entrevistado 2 crê que as empresas que conseguem fazer todos esses componentes e princípios são mais competitivas que as demais, por isso a busca de sua organização na introdução das mesmas. Contudo, contrapõe que na maioria dessas empresas os produtos fabricados são padrão e para empresas como a sua, que possuem produtos praticamente “artesaniais e personalizados” a utilização de toda essa metodologia é dificultada e requer uma série de adequações para funcionar minimamente.



grande desejo é que os parâmetros pré-estabelecidos sejam respeitados e que as decisões sejam tomadas por meio desses dados, e não de forma empírica como por vezes ocorre na Empresa.

O entrevistado 2 visualiza mais pontos positivos do que barreiras na implementação da metodologia. Diante dessa conjuntura, expõe que o setor de compras da empresa tem criado processos para unificar sistemas, de modo a trabalharem de modo interligado. Essa sistemática possui início e fim no ERP e fluxos que são gargalo são complementados com tabelas modulares de análises virtualizadas prévias. Comenta que seu ERP conversa com um Portal de Fornecedores, com o APS e com um sistema *inbound* para entradas de notas fiscais, todas essas ferramentas trabalham em sinergia e *online* entre os diferentes setores da empresa compradora e o fornecedor.

Apesar desse posicionamento de interoperabilidade e capacidade em tempo real bastante presentes, elucida que as decisões ainda são totalmente centralizadas nos compradores, dada a uma política de gestão de riscos da empresa. Essa postura dificulta um posicionamento mais estratégico da área, com uma presença *in loco* maior na sua cadeia de fornecimento, visto que a interação entre o sistema operacional e o colaborador necessita ser praticamente contínua.

De posse desses dados de performance mais robustos, o estabelecimento de contratos seria facilitado, posto que as dificuldades ou virtudes dos fornecedores já estariam evidentes, possibilitando atrelar a melhoria em pontos falhos e o manutenção de pontos positivos às condições comerciais, estabelecendo multas para pontos não atendidos e reajustes de acordo com resultados positivos que fossem obtidos, tornando os acordos melhores ainda para ambas as partes.

De todo modo, ponderou que para isso ocorrer com plenitude, suspeita que os investimentos nos dispositivos seriam altos, mesmo para uma grande empresa, e propõe uma coalisão de esforços entre as grandes empresas e seus fornecedores para que a partir das compras desses equipamentos em maior escala, os mesmos pudessem ser barateados e o trabalho feito à “quatro mãos”.

Quanto aos fornecedores, se nós aderíssemos, os fornecedores teriam que automaticamente aderir, senão não teria correlação e não funcionaria perfeitamente. Um trabalho a quatro mãos para ser bem feito. (ENTREVISTADO 2).

Ao final de sua fala, o entrevistado expõe o desejo de que o setor de compras seja considerado uma área estratégica da empresa e que todas as demais áreas também tenham essa percepção, visto que segundo ele “um real economizado em compras é um real de lucro. Um real a mais nas vendas não é um real de lucro.” Como ponto de atenção, cita a necessidade de uma parametrização com muita qualidade, visto que em alguns sistemas de alta complexidade, como são os impostos no Brasil, instalados anteriormente, a empresa sofreu bastante na fase de implementação e apenas agora, praticamente 3 anos depois, conseguiu livrar-se um pouco da carga de ajustes manuais.

Abordando de forma direta um assunto pouco abordado até então, o entrevistado 3 observa que a orientação à serviços e a *internet* colaborarão nesse processo de quebra de paradigma. Sob seu ponto de vista a Empresa 4 está num nível aceitável de digitalização e informatização de sistemas, mas que ainda possui grandes oportunidades de aprimoramento, tendo em vista que as tecnologias e o mercado andam muito mais rapidamente que as empresas. Nesse interim, acredita que reside na integração de dados a maior dessas oportunidades, pois segundo ele há uma distância muito grande entre o cliente final no momento da venda e os fornecedores que abastecem as empresas para fabricação do produto/prestação do serviço que foi adquirido/contratado por ele.

O aprofundamento de informações entre essa rede é visto como um planejamento colaborativo que pode otimizar o tempo da empresa, aumentando sua orientação à prestação de serviços aos clientes. Expõe que do *lead time* total para atendimento de um pedido é de aproximadamente apenas 15% de manufatura, todo o restante é despedido em trocas de informações entre as partes e alimentação de seus sistemas que pouco, ou nada, se conversam.

Eu acho que a gente conseguiria dividir responsabilidades. Nós dividíamos por responsabilidades com coisas que estão meio perdidas. Por exemplo, se o meu sistema diz que o produto deveria chegar em cinco dias, ele vai chegar em cinco dias. As pessoas seguiriam mais regras. E isso melhora qualquer relacionamento. (ENTREVISTADO 1).

Esse aprimoramento permitiria uma maior criação de fluxo de valor entre as empresas e conseqüentemente diminuiria a carga operacional de compradores e áreas de suporte, as quais executam esses trabalhos de abastecimento do sistema de forma manual, necessários hoje, mas que não agregam valor à organização. Esse

valioso tempo desperdiçado em atividades manuais poderia ser investido na evolução quanto a tecnicidade dos produtos adquiridos pelos compradores, pois para ele não basta negociar, o ambiente de compras hoje exige que seus profissionais possuam um viés técnico e com forte embasamento de dados.

Abordando mais diretamente os componentes da indústria 4.0 cita que a empresa ainda está em fase inicial de seu uso, não sendo utilizados em larga escala. O mesmo acredita que um exemplo pertinente de aplicação, já ligando à área de compras, são maquinários que possuem sensores que verificam os desgastes de seus componentes e de acordo com o parâmetro de *lead time* e negociação cadastrados dispararia a compra automaticamente, sem que esse componente precisasse passar pela análise de um analista de manutenção especializado, que se constatasse essa demanda, requisitaria a compra para o setor de compras, o qual posteriormente mandaria ao fornecedor. Sendo conforme o ideal, esse caminho seria encurtado de 4 envolvidos: máquina, analista de manutenção, comprador e fornecedor, para apenas 2: máquina e fornecedor.

Acho que vamos chegar, num curto período de tempo, pelo menos para as máquinas mais críticas, nós vamos chegar ao ponto que a máquina vai ter sensores de desgastes que o meu fornecedor do meu componente vai saber que aquele item está gastando. E a partir do momento que o *lead time* for parecido com o dele, vai gerar um pedido automático de compra para que esse item chegue a causar uma parada de máquina. (ENTREVISTADO 3).

Contudo, expõe que a empresa está longe dessa realidade quanto à descentralização, dependendo da intervenção humana para a maioria de suas atividades, mas que vem “engatinhando” para aperfeiçoar-se. Nesse projeto evolutivo, reitera que o grande ganho está na prestação de serviço ao cliente, pois o fluxo produtivo será encurtado também, com o cliente tendo seus produtos em um menor tempo e as empresas possuindo uma maior produtividade.

De integração de dados. Hoje, entre o pedido do cliente, a transformação dessa informação e a integração desse sistema, a conversão disso em produto e a volta de clientes, passando por fornecedores, nós temos muita oportunidade de integrar essa rede. Principalmente no que tange informações de programação interna e externa para fornecedores. Hoje, nós não temos essa visão integrada, que a gente chamaria de desenvolvimento colaborativo. Isso não existe. (ENTREVISTADO 3).

Sob essa ótica de melhor aproveitamento de recursos, explana de que a empresa possui *softwares* de virtualização modulares principalmente na área de engenharia. Todo esse aparato funciona de maneira preventiva na identificação de eventuais distúrbios que poderiam ocorrer, evitando desperdícios e maximizando os lucros, fazendo-a ser mais “inteligente” das que não se utilizam dessas ferramentas.

Ao aprofundar sua fala nos processos de compras inicia fazendo uma analogia com seus hábitos como consumidor e expõe que esse seu cotidiano vem sendo monitorado pelas empresas em que é cliente, as quais estão reunindo gradativamente mais dados para personalizar suas demandas e assim será no relacionamento empresarial também. O mesmo entende que o setor de compras deve dotar seu processo de sistemas e ferramentas que o municiem de dados mais robustos, apoiando-o no processo de tomada de decisão, começando pela seleção de fornecedores, algo que para o mesmo facilmente poderia ser efetuada por um robô e o colaborador apenas atuaria como um consultor/auditor do processo.

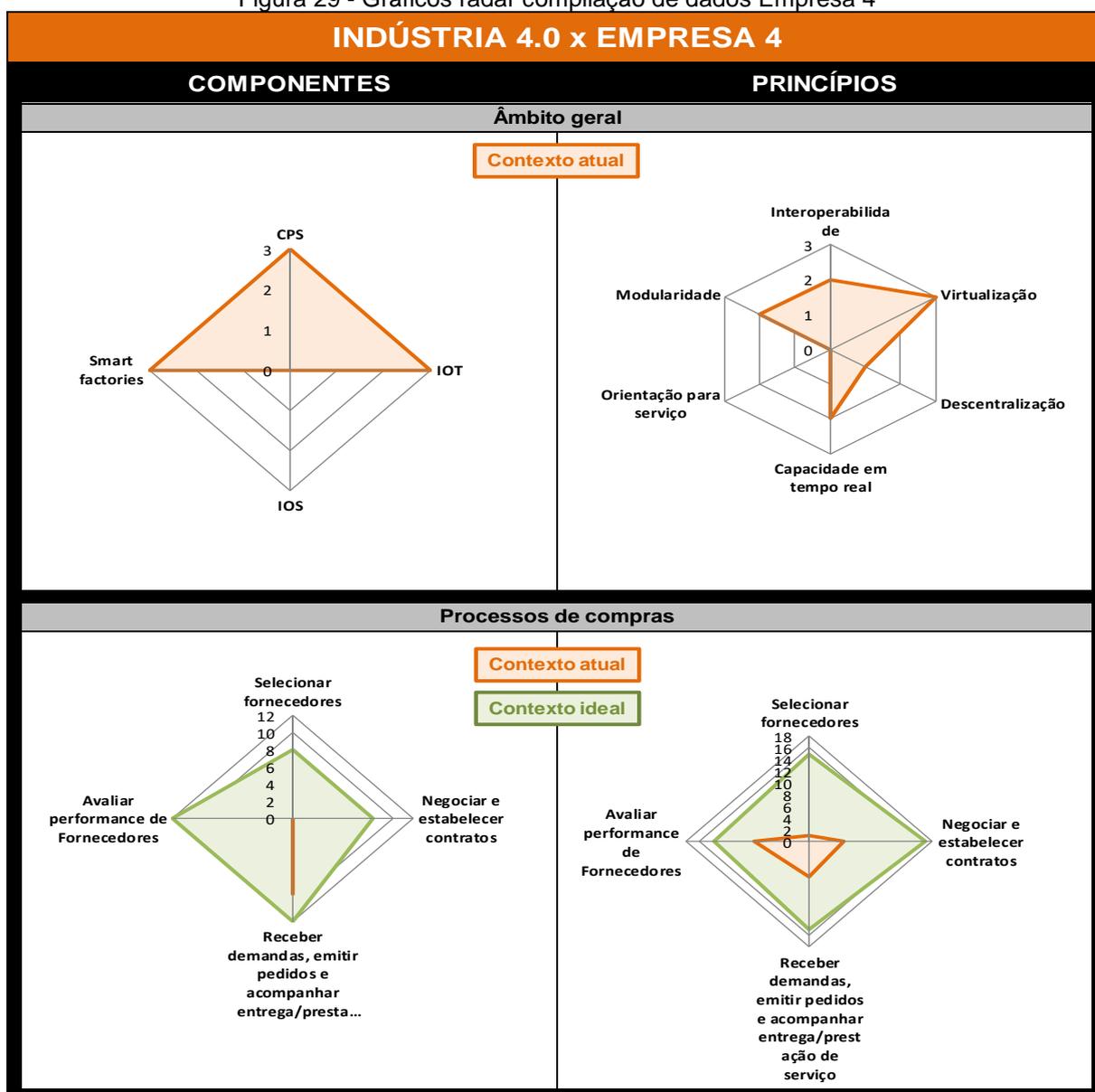
Como é hoje: as pessoas trabalham para os sistemas. O sistema é muito robusto e depende das pessoas para o estarem o alimentando, coisas que poderiam ser facilmente feitas por robôs. Eu vejo no futuro não muito distante isso sendo feito por robôs e a interação entre homens e máquinas vai ser mais consultiva do que propriamente do que ser uma parte do processo. Vai ser muito mais de auditoria, hoje é muito mais mecânica. (ENTREVISTADO 3).

Para o entrevistado 3 nesse processo a geração de informação será tão grande que o mesmo poderá mapear novas oportunidades, maximizando ganhos em negociações e tornando seus contratos mais abrangentes e confiáveis por contemplar fatores que atualmente estão “ocultos” no processo de compras para ambas as partes. Assim, acredita que este trâmite gradativamente mais aprofundado aumentará a confiança no relacionamento e de forma colaborativa nas atividades de abastecimento. Esse contexto melhorará também a performance de fornecedores, pois a avaliação dos mesmos é feita de maneira reativa, ou seja, após o evento acontecer. Através da interoperabilidade em tempo real será possível identificar distúrbios na cadeia de fornecimento e intervir antes que aconteçam, trabalhando de forma preventiva e gerando melhores resultados para a cadeia como um todo.

“Existe uma discrepância entre a indústria 4.0, que cresce de maneira exponencial, e as empresas, que crescem de forma linear. A engrenagem na empresa é muito pesada, o que a faz ter ciclos muito longos e isso prejudica muito na evolução”. (ENTREVISTADO 3).

Mediante o exposto, entente que a Gestão das empresas é o elo responsável pelo aporte de recursos para que haja disrupção entre uma situação tecnológica de processo e outra.

Figura 29 - Gráficos radar compilação de dados Empresa 4



Fonte: desenvolvido pelo autor a partir do *software* Microsoft Excel (2019).

Na compilação de entrevistas da Empresa 4 o trabalho com os componentes CPS e IoT é percebido por todos os entrevistados, sendo visualizado como uma forma

de diferenciação competitiva da empresa em relação a seus concorrentes, sendo mais “inteligente” pela utilização dos mesmos. De todo modo, ponderam também de forma geral que esse trabalho está em fase inicial e que contempla apenas algumas partes do processo produtivo da empresa, podendo ser expandido para que os resultados dessas ações tenham uma colaboração mais expressiva nos resultados da empresa.

Esse projeto de implantação tem sido trabalhado aparentemente apenas de forma interna na Empresa, visto que não é notada a presença de IoS quanto aos componentes da indústria 4.0, tampouco a orientação para serviços no que diz respeito aos seus princípios. Tal situação tende a ser contemplada na empresa conforme a evolução do projeto, para que, após terem segurança quanto aos resultados internos, difundam a metodologia com o meio externo.

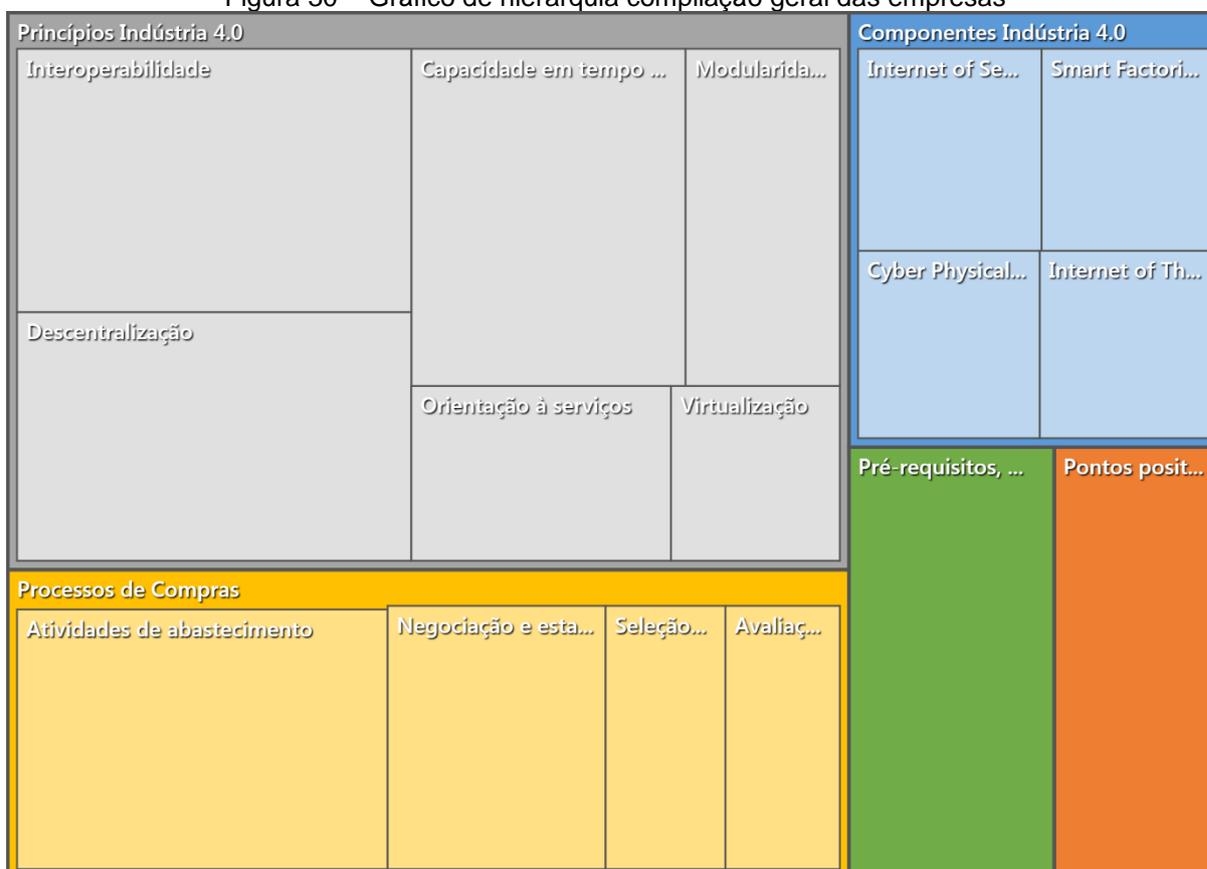
Nesse sentido, percebe-se uma boa comunicação entre os sistemas da empresa, ocorrendo em tempo real e com criação modular, que pode se adaptar facilmente aos diferentes produtos produzidos pela empresa, atendendo uma característica bastante latente na sua cultura: flexibilidade para atender os clientes. Além disso, programas de simulação virtual são utilizados em diversas etapas e setores da empresa, sendo seu expoente no quesito de princípios.

Partindo para a utilização dos componentes nos processos de compras na empresa 4, percebe-se que atualmente a utilização dos mesmos se dá apenas no recebimento de demandas, encaminhamento de pedidos e acompanhamento da entrega de materiais ou prestação de serviços. Apesar do nível de profundidade no tópico, seus colaboradores entendem que o mesmo pode evoluir ainda, colaborando principalmente para a avaliação de performance de fornecedores.

Estes componentes são vistos pelos colaboradores com impacto apenas de forma indireta seleção de fornecedores, negociação e estabelecimento de contratos, as quais creem estarem ligadas de maior forma com os princípios da indústria 4.0. Essa percepção reforça o posicionamento da equipe de que a interação humana no processo de compras deve estar mais focada naquilo que possui maior complexidade para parametrizar: as negociações.

## 4.5 COMPILAÇÃO GERAL DAS EMPRESAS

Figura 30 - Gráfico de hierarquia compilação geral das empresas



Fonte: desenvolvido pelo autor a partir do software NVivo (2019).

Figura 31 - Nuvem de palavras compilação geral das empresas



Fonte: desenvolvido pelo autor a partir do software NVivo (2019).

Com vistas a possibilitar o desenvolvimento de um esquema conceitual para aplicação dos componentes e princípios da indústria 4.0 no setor de compras das

empresas, previamente foi feito um apanhado geral do contexto em que elas se encontravam. Nele, os sistemas ciber físicos são difundidos de forma similar na integralidade dos participantes, entretanto sua aplicação é variada, sendo um dos principais diferenciais observados, desde a utilização em veículos para transporte, controle de: embalagens; recebimento de materiais; uso de matérias primas; e demais componentes. A maior profundidade ou não nesse requisito está diretamente atrelada à situação financeira que cada empresa se encontra atualmente, bem como sua política orçamentária, visto que a mesma demanda investimentos expressivos.

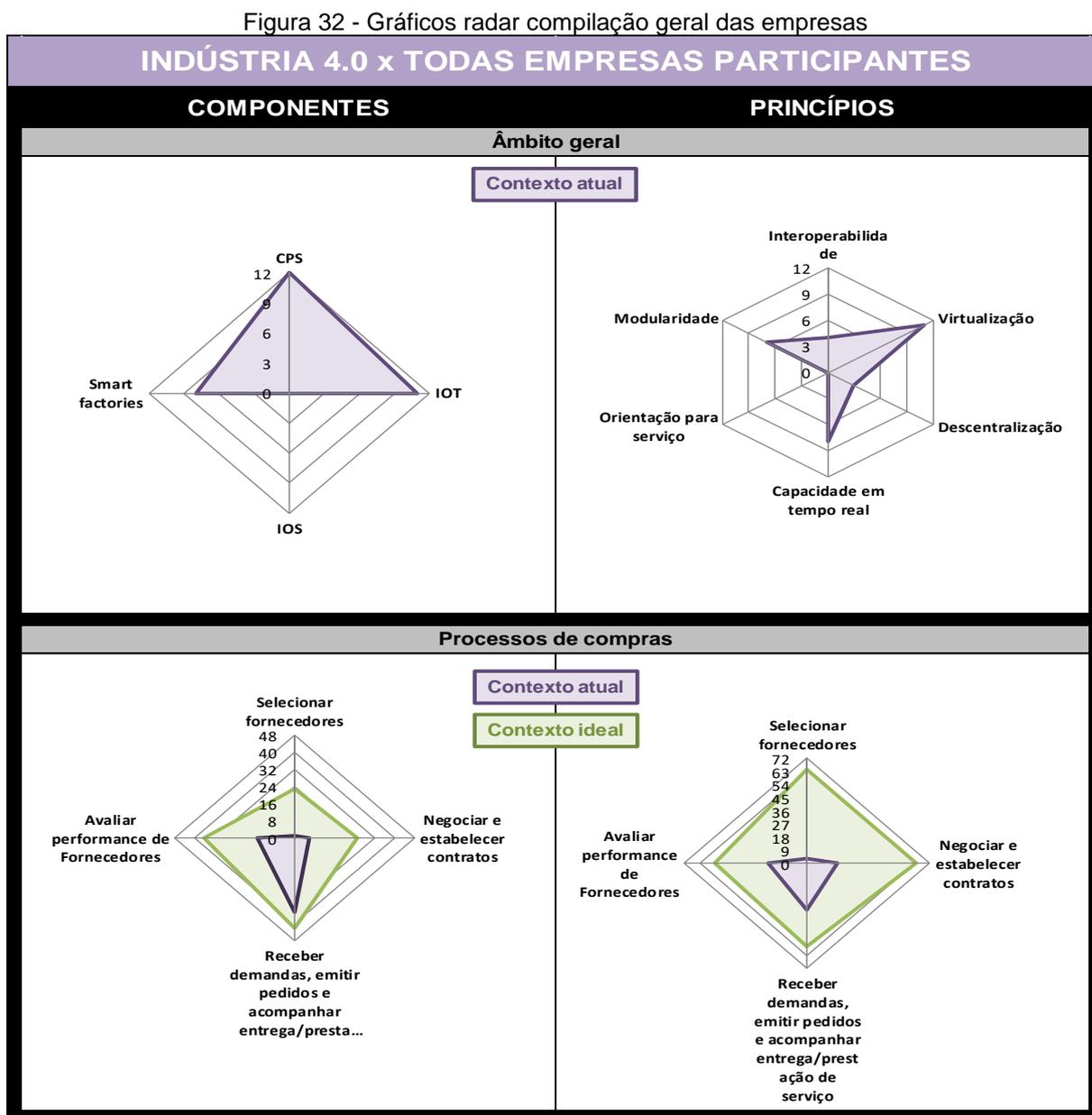
A conexão em rede desses CPS vem sendo aplicada parcialmente, dado que nesse segmento industrial os projetos de indústria 4.0 estão em fase inicial, algo que por muitas vezes os fazem subutilizar a capacidade dos maquinários adquiridos, mas que já representam uma boa preparação para implementações futuras. Nesse sentido, seu uso vem sendo baseado em tornar as fábricas mais inteligentes, diminuindo desperdícios e tornando-as mais competitivas. Outra similaridade foi que em nenhuma foi percebido o uso desses componentes para o aprimoramento direto na prestação de serviços de seus clientes, apenas para sua evolução interna.

Seguindo essa linha, ao adentrar nos princípios, inexistente também um pensamento direto na sua utilização em uma maior orientação para serviços. Como expoente nos princípios está a virtualização, sendo citada em testes mecânicos pelas áreas de engenharia, implementação de novos processos ou *layouts* e em alguns casos de ferramentas administrativas. Complementarmente, os princípios de modularidade e capacidade em tempo real são vistos em conjunto às utilizações antes citadas, todavia o último não ficando restrito a esse uso.

Conforme são verificadas, a interoperabilidade entre sistemas, a descentralização na tomada de decisões e a capacidade em tempo real também se fazem presente. Ainda que existente, a interoperabilidade é um padrão quanto à principal dificuldade exposta pelas empresas, visto que tecnologias anteriores não possuíam essa funcionalidade, bem como nem todas as empresas com que se relacionam estão trabalhando para sua implementação.

No que tange à descentralização, sua pequena presença no contexto atual das empresas é explicada pelos entrevistados por dois fatores comuns à todas elas: os projetos de automatização estão no início, fazendo com que nem todos os cenários tenham sido mapeados e conseqüentemente nem todos os parâmetros tenham sido implementados; e a cultura das empresas, que apesar de serem multinacionais de

expressiva presença no país e no mundo, com alto nível de tecnologia em seus processos, ainda possuem características bastante presentes com viés de austeridade quanto à mudanças em relação ao que as fez chegar aqui com sucesso. De forma a melhor embasar o que é citado, abaixo são expostos os gráficos radar para análise da compilação geral das empresas:



Fonte: desenvolvido pelo autor a partir do *software* Microsoft Excel (2019).

No que se referem às aplicações dos componentes diretamente aos processos de compras, as tendências principais também são mantidas entre as empresas participantes. O contexto ideal entendido pelos entrevistados indica um

aproveitamento direto apenas no processo de recebimento de demandas, emissão de pedidos e acompanhamento de entregas/prestação de serviços. Essa pretensão está alinhada com os investimentos verificados no contexto atual das mesmas e demonstra uma aderência essencial para a evolução do processo de maneira linear.

Seguindo o fluxo lógico de implementação, a avaliação de performance de seus fornecedores vem como segundo marco examinado, dado que o controle aprimorado das atividades de abastecimento possibilita também a avaliação e evolução natural nesse quesito, entretanto agora de forma indireta. De mesmo modo, mas com menor relevância, o uso desses componentes agrega aos processos de seleção, negociação e estabelecimento de contratos, um maior arcabouço de dados para os fornecedores já atuantes. No entanto, para fornecedores que ainda não trabalham com a empresa, sua utilização é vista como de pouco valor agregado ao processo. Como alternativa para mitigar tal fragilidade, uma base de dados compartilhada e colaborativa entre demais empresas diminuiria a possibilidade do mesmo não estar contemplado na avaliação, todavia não elimina essa chance de maneira definitiva.

Por fim, verificando os princípios da indústria 4.0 aplicados aos processos de compras, percebe-se um contexto ideal em contraposição ao que foi constatado na aplicação dos componentes. Nesta análise os pontos em que são indicadas maior aplicabilidade estão na seleção, negociação e estabelecimento de contratos junto aos fornecedores, com as atividades de abastecimento e avaliação de fornecedores ficando em um segundo plano.

Esse posicionamento se deve ao fato de que os entrevistados entendem que a implementação desses princípios pode ocorrer em boa parte em ferramentas já existentes no seu cotidiano, sem necessidade de investimentos vultuosos, receio demonstrado quanto à aquisição dos componentes. Além disso, essas duas etapas do processo de compra apresentam uma série de eventos na sua grande maioria repetitivos, com poucas eventualidades, algo que facilitaria a parametrização dos sistemas e emprego dos princípios.

Mediante a conjuntura exposta ao longo do capítulo 4, pode-se dizer que as empresas participantes do estudo possuem um padrão, ajustado minimamente de acordo com seus valores e *portfólio* de produtos, apresentando elevado grau de similaridades e poucas distinções. Assim, é proposto um esquema conceitual a seguir que representa graficamente a ideia que norteia o desenvolvimento dessa dissertação de mestrado:

### 4.6 ESQUEMA CONCEITUAL PROPOSTO

Figura 33 - Esquema conceitual proposto

COMPRAS 4.0															
Processos de Compras	Atividades	Fluxo	Intervenção			Componentes				Princípios					
			Humana	Sistema	Cyber Physical Systems	Internet of Things	Internet of Services	Factories	Interoperabilidade	Virtualização	Descentralização	Capacidade em Tempo Real	Orientação para Serviço	Modularidade	
Seleção de Fornecedores	1 - Definir parâmetros	↓	Comprador	Portal de Fornecedores										Formulário padrão	
	2 - Incluir parâmetros no Portal de Fornecedores	↓		Portal de Fornecedores					Portal de Fornecedores / Fornecedores	Modelo de simulação de cadastro virtual	Sistema inclui de acordo com parâmetros			Formulário padrão	
	3 - Verificar atendimento dos parâmetros	↓ Sim ou não		Portal de Fornecedores							Sistema informa aprovação prévia de Fornecedor ou não	Resposta com pop up no Portal de Fornecedores	Registro de não atendimentos	Comunicado padrão	
	4 - Cadastrar proponente no sistema operacional	↓ Sim ou não	Fornecedor	Portal de Fornecedores					Portal de Fornecedores / Fornecedores	Banco de dados com pré cadastro de prop. no PE		Resposta com pop up no Portal de Fornecedores	Registro de proponentes	Comunicado padrão	
	5 - Avaliar necessidade de novo Fornecedor	↓ Sim ou não	Comprador						Portal de Fornecedores / Comprador			Resposta com e-mail de aceite ou não	Registro de não aceites	Comunicado padrão	
	6 - Cadastrar novo Fornecedor	↓		Portal de Fornecedores / ERP					Portal de Fornecedores / ERP		Sistema cadastra automaticamente se sim	Resposta com pop up no ERP		Comunicado padrão	
Negociação e Contratos	1 - Definir parâmetros de contrato de fornecimento	↓	Comprador	Portal de Fornecedores										Contrato padrão	
	2 - Incluir parâmetros no Portal de Fornecedores	↓		Portal de Fornecedores					Portal de Fornecedores / Fornecedores	Modelo de simulação de contrato virtual	Sistema inclui de acordo com parâmetros			Contrato padrão	
	3 - Verificar atendimento de cláusulas de contrato	↓ Sim ou não		Portal de Fornecedores							Sistema toma decisão de acordo com parâmetros	Resposta com pop up no Portal de Fornecedores	Registro de solicitações de alteração	Comunicado padrão	
	3.1 - Negociar cláusulas de contrato	↓ Se não	Comprador	Portal de Fornecedores								Resposta com e-mail de aceite ou não		Comunicado padrão	
	4 - Emitir parecer final sobre o contrato	↓ Se sim	Comprador	Portal de Fornecedores								Assinatura digital padrão		Assinatura digital padrão	
	5 - Efetivar assinatura digital do contrato	↓	Comprador / Fornecedor	Portal de Fornecedores											
	6 - Solicitar cotação	↓	Comprador	ERP / Portal de Fornecedores					ERP / Portal de Fornecedores	Modelo de simulação de cotação virtual					Formulário padrão
	7 - Verificar atendimento das targets de compra de material	↓ Sim ou não		Portal de Fornecedores							Sistema toma decisão de acordo com parâmetros	Resposta com pop up no Portal de Fornecedores	Registro de parâmetros atendidos ou não por Forn.	Comunicado padrão	
	7.1 - Negociar proposta	↓ Se não	Comprador	Portal de Fornecedores						Modelo de simulação de abastecimento virtual			Registro de negociações	Comunicado padrão	
	8 - Determina Fornecedor fixo (A) e de contingência (B)	↓ Se sim	Comprador	Portal de Fornecedores / ERP					Portal de Fornecedores / ERP	Modelo de simulação de abastecimento virtual			Resposta com e-mail de aceite ou não	Registro de participação de Fornecedor A ou B	Comunicado padrão
9 - Emitir parecer final sobre proposta	↓	Comprador	Portal de Fornecedores									Resposta com e-mail de aceite ou não	Registro de pareceres finais por Fornecedor	Comunicado padrão	
10 - Cadastro de material	↓		Portal de Fornecedores / ERP					Portal de Fornecedores / ERP		Sistema cadastra conforme decisão anterior					
Atividades de Abastecimento	1 - Receber demanda de compra	↓		ERP											
	2 - Verificar atendimento de requisitos mínimos	↓ Sim ou não		ERP							Sistema impede que requisitante solicite	Pop up com mensagem de ponto que não atende	Registro de erros para requisitante	Mensagem de alerta padrão	
	3 - Gerar pedido e enviar ao Fornecedor	↓		ERP / Portal de Fornecedores					ERP / Portal de Fornecedores		Sistema gera pedido de acordo com cadastro	Disponibilização do pedido no Portal de Fornecedores	Disponibilização do pedido por Fornecedor	Mensagem de alerta padrão	
	4 - Avaliar se atendimento é possível	↓ Sim ou não	Fornecedor	Portal de Fornecedores					Portal de Fornecedores / Fornecedores						
	4.1 - Responder de acordo com margem segurança cadastro	↓ Se não		ERP / Portal de Fornecedores					Portal de Fornecedores / ERP	Sistema cria modelo virtual de abastecimento possível	Sistema verifica se prazo atende conforme margem	Resposta com pop up no Portal de Fornecedores	Registro de atendimentos positivos ou negativos	Mensagem de alerta padrão	
	4.2 - Avaliar se novo prazo de atendimento é possível	↓ Sim ou não	Fornecedor	Portal de Fornecedores					Portal de Fornecedores / Fornecedores						
	4.3 - Alocar pedido para outro Fornecedor	↓ Se não	Comprador	ERP / Portal de Fornecedores					Portal de Fornecedores / ERP	Sistema cria modelo virtual de abastecimento possível				Registro de alterações realizadas por Fornecedor	
	5 - Emitir alerta de entrega preventivo	↓ Cfm. Lead Time		ERP / Portal de Fornecedores					ERP / Portal de Fornecedores	Sistema gera relatório com previsão de entrega	Sistema emite alerta cfm. segurança estipulada	Resposta com e-mail de alerta	Registro de envio de mensagem preventiva	Mensagem de alerta padrão	
	6 - Verificar fatura de acordo com transit time	↓ Sim ou não		ERP / Portal de Fornecedores					ERP / Portal de Fornecedores	Sistema gera relatório com previsão de entrega	Sistema verifica se foi faturado ou não	Resposta com pop up no Portal de Fornecedores	Registro de cumprimento da data de fatura	Mensagem de alerta padrão	
	6.1 - Emitir alerta de entrega reativo	↓ Se não faturado	Fornecedor	ERP / Portal de Fornecedores					ERP / Portal de Fornecedores	Sistema gera relatório com previsão de entrega	Sistema emite alerta se não foi faturado	Resposta com e-mail de alerta	Registro de envio de mensagem reativa p/ Forn.	Mensagem de alerta padrão	
7 - Emitir nota fiscal	↓		Fornecedor												
8 - Verificar atendimento de parâmetros negociados	↓ Sim ou não		ERP / Portal de Fornecedores					ERP / Portal de Fornecedores		Sistema emite alerta se não atender parâmetro	Resposta com pop up no Portal de Fornecedores	Registro de tempo de espera para corrigir distúrbios	Mensagem de alerta padrão		
9 - Carregar parâmetro incorreto	↓ Se não	Fornecedor							Disponibilizar registro de erros aos stakeholders	Facilidade de acesso à informação					
10 - Acompanhar transporte	↓		ERP / Portal de Fornecedores	RFID	Rede			ERP / Portal de Fornecedores	Acesso livre aos stakeholders	Facilidade de acesso à informação	Sistema gera relatório de localização do transporte	Registro de tempo de transit time e eventuais distúrbios	Mensagem de movimentação conforme solicitação		
10 - Receber material	↓	Logística	Portal de Fornecedores	RFID	Rede			ERP / Portal de Fornecedores	Acesso livre aos stakeholders	Facilidade de acesso à informação	Registro de produção no sistema automático	Registro de toda a atividade de abastecimento do item	Relatório padrão		
Avaliação de Performance	1 - Definir parâmetros	↓	Comprador	Portal de Fornecedores / ERP					Portal de Fornecedores / ERP					Formulário padrão	
	2 - Incluir no Portal de Fornecedores	↓	Comprador											Formulário padrão	
	3 - Sistema gera notas online de performance por pedido	↓		ERP / Portal de Fornecedores					ERP / Portal de Fornecedores	Relatório online de performance acumulado	Sistema verifica se nota menor que mínimo solicitado	Resposta com pop up no Portal de Fornecedores	Registro de performance e distúrbios pelo usuário	Comunicado padrão	
4 - Elaborar plano de ação para melhoria de performance	↓	Comprador / Fornecedor	Portal de Fornecedores / Fornecedores					Portal de Fornecedores / Fornecedores	Acesso livre à todas as partes interessadas	Facilidade de acesso à informação	Relatório online do plano de ação definido	Registro de eficácia nas ações adotadas	Comunicado padrão		

Fonte: desenvolvido pelo autor a partir do software Microsoft Excel (2019)

Aliando métodos e ferramentas em exercício nas empresas, citados ou observados, em conjunto com os panoramas vislumbrados que melhor apoiariam a atividade de compras nas empresas, seguiu-se uma lógica de fluxograma funcional para cruzar suas atividades com os componentes e princípios da indústria 4.0 (MACAGNAN, 2010; HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

De modo a possibilitar uma melhor visualização, cada macro categoria foi exposta em cores distintas. Ademais, ao lado de cada atividade é sugerido um fluxo para sequência ou não de cada uma, tal qual se há interferência humana, de algum sistema ou de ambos. Definidas as responsabilidades são propostas ações, registros ou ferramentas abaixo dos componentes ou princípios da indústria 4.0 (KANE, 2015).

O esquema conceitual proposto congrega as melhores práticas observadas nas empresas participantes ao longo da pesquisa, bem como os cenários ideais expostos pelos entrevistados quanto a aplicação dos componentes e princípios da indústria 4.0. Frente ao exposto, entende-se que o objetivo geral do trabalho é respondido sinteticamente por meio da referida imagem apresentada.

Ao analisar-se o esquema conceitual proposto chama a atenção o vazio central apresentado. Esta ocorrência evidencia que, sob a ótica dos entrevistados, aliada às percepções do pesquisador, quanto ao referencial teórico pesquisado, a introdução dos componentes da indústria 4.0, sobretudo de meio físico – *hardwares*, possui menor relevância quanto a proposição de um “*road map*” de implementação das Compras 4.0, dado que na área de compras industriais o grande desafio é a gestão de dados e sua transformação em algo inteligível, ou seja, informações que apoiem no desenvolvimento dos 4 macro processos antes mencionados, e não, em atividades que envolvam propriamente “coisas” que seriam apoiadas por máquinas.

Sob essa ótica, faz-se de maior valia a adoção os princípios da indústria 4.0, os quais envolvem a adoção de procedimentos padrão e adequação de sistemas – *softwares*. Essas tecnologias digitais têm diminuído seus preços gradativamente, devido à evolução constante e obsolescência cada vez mais dinâmica. Entretanto, podem apresentar maior complexidade em sua implantação, dado que requerem a mudança de uma série de práticas já existentes nas organizações, as quais evidenciadas pelos entrevistados quando são citados os choques de gerações, profissionais restritivos a mudanças, ou até a falta de pensamento por parte da gestão na evolução de processos por meios digitais.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo expõe as considerações finais da pesquisa, levando em consideração os objetivos específicos e conseqüentemente o objetivo geral desta dissertação de mestrado, que procurou analisar como os componentes e princípios da indústria 4.0 podem estar presentes nos processos de compras de um segmento empresarial Brasileiro. Ao longo desse estudo foram identificadas aplicações no contexto atual das empresas, bem como possibilidades de emprego em um processo tido como ideal para os entrevistados.

Sob esta ótica são elencadas nesse capítulo as contribuições do estudo quanto à teoria e pesquisa, tal qual para a prática organizacional. Por fim, as limitações da pesquisa são apresentadas juntamente com as possibilidades de estudos futuros.

### 5.1 CONTRIBUIÇÕES PARA A TEORIA E PESQUISA

A partir do referencial teórico pesquisado delinear-se quatro macros categorias de compras, as quais foram aprofundadas a nível capilar, identificando suas atividades, e assim, estabelecendo um caminho básico de processos para exemplificar a metodologia proposta (BOZARTH; HANDFIELD, 2015). Nele, não há a pretensão de postular uma diretriz imutável de todas as tarefas necessárias ao longo do processo de compras, mas sim, norteá-lo, considerando que cada empresa possui suas peculiaridades, inerentes aos produtos manufaturados e/ou serviços prestados. Mediante o exposto, adequações podem se fazer pertinentes para maximização de resultados (SCHUH et. al., 2012).

De mesma forma que existem especificidades relativas ao processo de compras de cada empresa, há possibilidade de ser vislumbrada a utilização de ferramentas distintas e diferentes posicionamentos perante cada fato transcorrido. Essas possibilidades de variação são levantadas ao longo de processo de análise com intuito de fomentar a evolução contínua do método proposto (KUO, 2017).

É imperativo à atividade de pesquisa a humildade intelectual e a consciência de que os achados em um estudo não são perenes, se modificarão e serão aprimorados ao longo do tempo. Frente ao exposto, a análise apresentada de forma alguma é um ponto final para o entendimento de como os componentes e princípios

da indústria 4.0 podem ser aplicados no setor de compras das empresas, e sim, mais um passo de muitos que podem ser dados nesse horizonte de análise para uma lacuna pouco explorada até então (KAGERMANN et. al. 2016; SCHWAB, 2016).

## 5.2 CONTRIBUIÇÕES PARA A PRÁTICA ORGANIZACIONAL

Há necessidade de compreender como os processos das empresas, tais quais seus diferentes departamentos, estão se comportando frente à quarta revolução industrial. Assim, a dissertação buscou complementar os conhecimentos científicos já evidenciados na área de compras empresariais, e desta forma, possibilitar sua evolução por meio do acompanhamento da vanguarda de desenvolvimento industrial no que tangem seus processos, a indústria 4.0 (KAGERMANN et. al. 2013).

A análise de conteúdo das entrevistas e a exposição sintetizada por meios gráficos procuraram facilitar o entendimento de todas as partes interessadas no produto desta pesquisa. Os resultados encontrados a partir desta análise permitiram o desenvolvimento do esquema conceitual proposto, um fluxograma funcional de atividades, que identificou interações possíveis entre componentes e, sobretudo, princípios da indústria 4.0 com as atividades do setor de compras (GIBBS, 2009).

Nele, evidenciou-se a possibilidade real de automatizar processos através da adoção de uma visão com foco nos princípios da indústria 4.0 para parametrização de elementos já presentes em seu cotidiano, sem a necessidade de investimentos vultuosos. Deste modo, foram apresentadas oportunidades de melhoria em processos, ferramentas, registros e ações por meio do aprofundamento da aplicação desse conceito, denominado: Compras 4.0 (BOZARTH; HANDFIELD, 2015; GOTTGE; MENZEL, 2017).

## 5.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Nesta seção são expostas algumas limitações do estudo efetuado, tal qual são indicadas algumas possibilidades existentes quanto a realização de estudos futuros.

Um ponto de limitação desta pesquisa pode ser considerado pelo fato do pesquisador ocupar um cargo de gestão na empresa 4, assim, possui contato direto com todos entrevistados da referida empresa: relacionamento de gestor imediato

quanto aos compradores e subordinado no que se refere ao gerente. Para as demais empresas, o contato é indireto em função da política de “boa vizinhança” praticada por todas as empresas envolvidas e que são filiadas a um mesmo sindicato (GIL, 2009).

Esta conjuntura pode de alguma maneira ter interferido ao longo das entrevistas, podendo haver influência nas percepções do pesquisador, bem como uma possível interferência quanto ao resultado da pesquisa e o caso escolhido, este que possui situações particulares e específicas. Apesar de fazer parte do quadro de colaboradores da empresa 4, o pesquisador buscou imparcialidade na postura para condução das entrevistas, com vistas a não influenciar os resultados e deixar que a realidade emergisse. Embora esses esforços, trata-se de uma limitação (GIL, 2009).

Entende-se como sugestão para estudos futuros a realização de uma pesquisa com empresas de outros segmentos, que não o metal mecânico e elétrico e/ou de diferentes estados do país. Estas possibilidades aumentariam a abrangência da pesquisa, compreendendo diferentes realidades produtivas e cadeias de suprimento. Fora isso, o aspecto cultural ainda é algo bastante latente no segmento estudado, fazendo com que posicionamentos e processos tornem-se similares (FLICK, 2012).

Por fim, outra possibilidade de pesquisa se dá na alternativa de efetuar uma análise quantitativa, tendo em vistas que a pesquisa qualitativa elaborada permitiu, mesmo que em partes, compreender como os componentes e princípios da indústria 4.0 podem estar presentes no processo de compras das empresas. Mediante isso, esses achados poderiam ser colocados novamente em estudo, de modo a verificar a aderência do produto desta pesquisa primária em maior escala (MINAYO, 2015).

## REFERÊNCIAS

ANG, J. H.; GOH, C.; SALDIVAR, A. A. F.; LI, Y. Energy Efficient Through Life Smart Design, Manufacturing and Operation of Ships in an Industry 4.0 Environment. **Energies**. 2017.

APOLINÁRIO, F. **Dicionário de metodologia científica: um guia para a produção do conhecimento científico**. [recurso eletrônico] 2ªEd. São Paulo, SP: Editora Atlas, 2011. 295p.

ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, Porto Alegre, RS, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006.

BAG S., WOOD L. C., MANGLA S. K., LUTHRA S. Procurement 4.0 and its implications on business process performance in a circular economy. **Resources, Conservation & Recycling**, pp.1-14, 2019.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616p.

BAUNSGAARD, V. V.; CLEGG, S. R.; Innovation: A critical assessment of the concept and scope of literature. **The Handbook of service innovation**, pp. 5-25, 2015.

BDTD - Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações. **Página inicial** – Sobre a BDTD. Disponível em: <<http://bdtb.ibict.br/vufind/>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

BIENHAUS F., HADDUD A. Procurement 4.0: factors influencing the digitalisation of procurement and supply chains. **Business Process Management**, pp 965-984, 2018.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B.; BOWERSOX, J. C. **Gestão logística da cadeia de suprimentos**. [recurso eletrônico] 4ªEd. – Porto Alegre : AMGH, 2014. 455p.

BOZARDH, C. B.; HANDFIELD, R. B. **Introduction to Operations and Supply Chain Management**. 4ªEd. – São Paulo, SP: Editora Pearson Education do Brasil, 2015. 504p.

BRYNJOLFSSON E.; MCAFEE A. The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. **W.W. Norton & Company**, 2014.

CHANDLER, A. D. Scale and scope, The dynamics of Industrial capitalism. **The Belknap Press of Harvard University Press**, 1990.

CHIANG, W. C. **Development of a lean non-adjusting setup system - Case study of Aluminum rims production**. Universidade Cristã Chung Yuan, Taiwan, 2016. 104p.

COASE, R. H. The Nature of the Firm. **Economica**, v. 4, n. 16. pp. 386-405, 1937.

DEY, P. K.; BHATTACHARYA, A.; HO, W. Strategic supplier performance evaluation: A case-based action research of a UK manufacturing organization. **Int. J. Production Economics** 192–214, 2015.

DORNHOFER, M.; SCHRODER, F.; GUNTNER, W. A. Logistics performance measurement system for the automotive industry. **Logist. Res.** 9-11, 2016.

EUROPEAN PARLIAMENT. Industry **4.0 Digitalisation for productivity and growth**. 2015. Disponível em: < [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS\\_BRI\(2015\)568337\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf) >. Acesso em: 11 mar. 2018.

FEDERAL MINISTRY OF EDUCATION AND RESEARCH. **The High Tech Strategy for Germany**. 2006. Disponível em: < [https://www.fona.de/pdf/publikationen/bmbf\\_the\\_high\\_tech\\_strategy\\_for\\_germany.pdf](https://www.fona.de/pdf/publikationen/bmbf_the_high_tech_strategy_for_germany.pdf) >. Acesso em: 11 mar. 2018.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. [recurso eletrônico] 3ªEd. Porto Alegre, RS: Editora Artmed, 2009. 405p.

\_\_\_\_\_. **Introdução à metodologia de pesquisa: um guia para iniciantes**. [recurso eletrônico] 1ªEd. Porto Alegre, RS: Editora Penso, 2012. 256p.

GIBBS, G. **Análise de Dados Qualitativos**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

GIL, A. C. **Estudo de caso**. [recurso eletrônico] 1ªEd. São Paulo, SP: Editora Atlas, 2009. 148p.

GIANNOZZI, P. et al. Advanced capabilities for materials modelling with Quantum ESPRESSO. **Journal of Physics: Condensed Matter**, 2017.

GOTTGE, S.; MENZEL, T. **Purchasing 4.0: An Exploratory Multiple Case Study on the Purchasing Process Reshaped by Industry 4.0 in the Automotive Industry**. Linnaeus University, Sweden, 2017. 147p.

GREENGARD, S. The Internet of things. **MIT Press**, 2015.

GUPTA, A.; JHA, R. K. A Survey of 5G Network: Architecture and Emerging Technologies. **IEEE Access**, pp. 1206-1232, 2015.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. Design principles for industrie 4.0 scenarios: a literature review. **IEEE Computer Society**, pp. 3928–3937, 2016.

INBRASC – Instituto Brasileiro de Supply Chain. Disponível em: <<https://inbrasc.liveuniversity.com/>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

ISHAM, J.; KAUFMANN D.; The Forgotten Rationale for Policy Reform: The Productivity of Investment Projects. **Quarterly Journal of Economics**, pp. 149-84, 1999.

ISLAM S. M. R. et al. The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey. **IEEE Access**, pp. 678-708, 2015.

JAZDI, N. Dynamic calculation of the reliability of factory automation applications. **IEEE - International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics.** p.55-60, 2016.

JENSEN, M. C. The Modern Industrial Revolution, Exit, and the Failure of Internal Control Systems. **The Journal of Finance**, v. XLVIII, NO. 3, 1993.

JESCHKE S. Educating Engineers for Industry 4.0: Virtual Worlds and Human-Robot-Teams. **IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON).** p.142-149, 2016.

\_\_\_\_\_. Hybrid Teams of Industry 4.0 A Work Place considering Robots as Key Players. **IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC).** p.1208-1213, 2017.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0: Final report of the industrie 4.0 Working Group.** Frankfurt, Alemanha, 2013.

KAGERMANN, H.; ANDERL R.; GAUSEMEIER J.; SCHUH G; WAHLSTER W. (Eds.) **Industrie 4.0 in a Global Context: Strategies for Cooperating with International Partners.** Munich: Herbert Utz Verlag, 2016.

KANE, G. C.; PALMER, D.; PHILIPS, A. N.; KIRON, D. Is your business ready for a digital future? **MIT Sloan Management**, 2015.

KUO, L. **Optimal Purchasing, Production and Delivery Lot-Size for Flexible Supply Network Rolling Scheduling.** Universidade Católica de Fu Jen, Taiwan, 2017. 105p.

LEE, C.K. M., Lv, Y., Ng, K.K.H., Ho, W., Choy, K.L. Design and application of Internet of things-based warehouse management system for smart logistics. **International Journal of Production Research**, pp. 1-16. 2017.

LEITÃO, P.; KARNOUSKOS S.; RIBEIRO, L.; LEE, J.; STRASSER, T.; COLOMBO A. W. Smart Agents in Industrial Cyber-Physical Systems. **Proceedings of the IEEE**, pp. 1086-1101, 2016.

LI, D. et. al. CASOA: An Architecture for Agent-Based Manufacturing System in the Context of Industry 4.0. **IEEE Access.** V.6 p.12746-12754, 2018.

\_\_\_\_\_. Mobile Services for Customization Manufacturing Systems: An Example of Industry 4.0. **IEEE Access.** V.4 p.8977-8986, 2016.

LI, Y.; CHEN, M. Software-Defined Network Function Virtualization: A Survey. **IEEE Access**, pp. 2542-2553, 2015.

LIZBETIN, J.; CERNA, L.; LOCH, M. Model evaluation of suppliers in terms of real company for selected criteria. **Naše More**, pp. 147-152. 2015.

LUCAS, R. E. Jr. Lectures on Economic Growth. Cambridge: **Harvard University Press**. pp. 109–10, 2002.

MACAGNAN, C. B. (Org.); et. al. **Compras: elementos para o jogo da negociação de produtos e serviços**. Porto Alegre, RS: Editora Entremeios, 2010. 235p.

MARKONI, M. A.; LAKATOS, E. V. **Metodologia do trabalho científico**. [recurso eletrônico] 8ªEd. São Paulo, SP: Editora Atlas, 2017. 218p.

\_\_\_\_\_. **Técnicas de pesquisa**. [recurso eletrônico] 8ªEd. São Paulo, SP: Editora Atlas, 2017. 289p.

MASCARENHAS, S. A. **Metodologia científica**. [recurso eletrônico] 1ªEd. São Paulo, SP: Editora Pearson Education do Brasil, 2012. 124p.

MATIAS-PEREIRA, J. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. [recurso eletrônico] 4ªEd. São Paulo, SP: Editora Atlas, 2016. 176p.

MCMILLAN, J.; Reinventing the Bazaar, A Natural History of Markets. **W.W. Norton**, 2002.

MINAYO, C. S. **Pesquisa social: Teoria, método e criatividade**. [recurso eletrônico] 34ªEd. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2015. 110p.

NDLTD - Networked Digital Library of Theses and Dissertations. **About** - Mission, Goals and History. Disponível em: <<http://www.ndltd.org/about>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

OECD - Organization for Economic Cooperation and Development. **Documents** – Meeting of the OECD Council at Ministerial Level. Disponível em: <<https://www.oecd.org/mcm/documents/C-MIN-2017-5-EN.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2018.

\_\_\_\_\_. **Science and Technology** – OECD Publishing. Disponível em: <[https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/the-next-production-revolution\\_9789264271036-en#page3](https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/the-next-production-revolution_9789264271036-en#page3)> Acesso em: 25 abr. 2018.

POOVENDRAN, R. Cyber-physical systems: Close encounters between two parallel worlds. **Proceedings of the IEEE**, v. 98, n. 8, pp. 1.363-1.366, 2010.

QIN J.; LIU Y. GROSVENOR, R. A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. **Procedia CIRP**, pp. 173 – 178, 2016.

REVELES, A. G.; TAKAHASHI, R. T. Educação em saúde: um estudo bibliométrico. **Rev. esc. enferm. USP** [on-line], v.41, n.2, 2007.

ROBLEK V.; MESKO M.; KRAPEZ A. A Complex View of Industry 4.0. **SAGE Open**, pp. 1-11, 2016.

RODRIGUES, L. F.; JESUS, R. A.; SCHUTZER, K. *Indústria 4.0 – Uma revisão da literatura*. **Revista de Ciência e Tecnologia**. v.19, n. 38, pp. 33-45, 2016.

SCHUH, C.; et al. **The Purchasing Chessboard: 64 Methods RO Reduce Costs and Increase Value with Suppliers**. New York, USA. Springer Media, 2012, 226p.

SCHWAB K. **The Fourth Industrial Revolution**. World Economic Forum, 2016, 172p.

SCOPUS. **Solutions** – About. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/solutions/scopus>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

SCHLECHTENDAHL, J. et al. Making existing production systems Industry 4.0-ready. **Production Engineering**, v.9, pp. 143-148, 2015.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Inovação** – Textos. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/saiba-o-que-e-a-industria-40-e-descubra-as-oportunidades-que-ela-gera,11e01bc9c86f8510VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em: 24 abr. 2018.

SHI, Y. YANG, Z. YAN, H. TIAN, X. Delivery Efficiency and Supplier Performance Evaluation in China's E-retailing Industry. **The Editorial Office of JSSC & Springer-Verlag Berlin Heidelberg**, pp. 392-410, 2015.

SHIUE, C. H.; KELLER, W. Markets in China and Europe on the eve of the Industrial Revolution, **NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH**, 2004.

SIMECS **Empresas do SIMECS** – Resultados econômicos. Disponível em: <<http://www.simecs.com.br/empresas/resultados>> Acesso em: 24 abr. 2018.

TAKAHASHI, A. R. W. **Pesquisa qualitativa em administração: Fundamentos, métodos, e usos no Brasil**. [recurso eletrônico] São Paulo, SP: Ed., 2013. 371p.

THE FEDERAL GOVERNMENT. **The new High-Tech Strategy Innovations for Germany**. 2014. Disponível em: <[https://www.bmbf.de/pub/HTS\\_Broschuere\\_eng.pdf](https://www.bmbf.de/pub/HTS_Broschuere_eng.pdf)>. Acesso em: 11 mar. 2018.

UCS – Universidade de Caxias do Sul. **Biblioteca** – Sistema de bibliotecas. Disponível em: <<https://www.ucs.br/site/biblioteca/>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

WANG, S. WAN, J. LI, D. ZHANG, C. Implementing Smart Factory of Indústria 4.0: An Outlook, **International Journal of Distributed Sensor Networks**, 10 p., 2016.

WEB OF SCIENCE – **Products** – Web of Science. Disponível em: <<https://clarivate.com/products/web-of-science/>>. Acesso em: 31 jan. 2018.

WILIAMSON, O. E. The Economics of Organization: The Transaction Cost Approach. **American Journal of Sociology**, v. 87, n. 3, pp. 548-577, 1981.

XIA W.; WEN, Y. FOH, C. H.; NIYATO, D. XIE, H. A Survey on Software-Defined Networking, **IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS**, pp. 27-51, 2015.

YEVU S. K., YU A. T. W. The ecosystem of drivers for electronic procurement adoption for construction project procurement. **Engineering Construction and Architectural Management**, pp.9969-9988, 2019.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. [recurso eletrônico] Porto Alegre, RS: Editora Bookman, 2015. 290p.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. [recurso eletrônico] Porto Alegre, RS: Editora Penso, 2016. 369p.

## APÊNDICE A – CARTA DE INTENÇÃO DE PESQUISA PARA SINDICATO QUE REPRESENTA OS PARTICIPANTES DA PESQUISA

Figura 34 - Carta de intenção de pesquisa para sindicato que representa os participantes da pesquisa





**SIMECS**  
Sindicato das Indústrias Metalúrgicas,  
Mecânicas e de Material Elétrico de  
Caxias do Sul

**Ao SIMECS – Sindicato das Indústrias Metalúrgicas,  
Mecânicas e de Material Elétrico de Caxias do Sul**  
Rua Ítalo Vítor Bersani, 1134  
Bairro Jardim América, Caxias do Sul/RS  
CEP 95050-520

Prezados,

O PPGA/UCS – Programa de Pós Graduação em Administração da Universidade de Caxias do Sul vem por meio deste solicitar autorização e posterior apoio técnico para sequência da dissertação de Mestrado do acadêmico Guilherme Sirtori. O mesmo tem por objetivo analisar a influência dos princípios da Indústria 4.0 no processo de Compras das Empresas que mais empregam no segmento metalmeccânico e de material elétrico de Caxias do Sul e região.

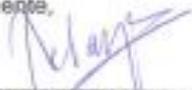
Para tal, será efetuado um estudo multicaso de cunho exploratório descritivo, onde será necessária a coleta de dados e entrevistas junto aos profissionais da área de Compras das quatro principais Empresas do Setor.

A atividade de pesquisa ocorrerá durante o ano de 2018 e será de grande valia para seu desenvolvimento a autorização inicial e indicação do SIMECS para as referidas Empresas, com vista a obtenção de suas autorizações diretas.

Pretendemos a partir desse estudo verificar quanto os processos de compras do segmento de empresas estudado está aderente quanto aos princípios da nova revolução industrial que o mundo está passando. Ao final do estudo lhes será apresentado um diagnóstico da pesquisa.

Deixamo-nos à disposição para prestar as informações e referências necessárias, e asseguramos nosso comprometimento ético quanto ao estudo realizado, com foco no aprimoramento mútuo, do acadêmico, como pesquisador, do Programa, e das empresas estudadas.

Atenciosamente,



**Dr. Pelayo Munhoz Olea**  
Orientador



**Dr. Gabriel Sperandio Milan**  
Coordenador do Curso

Universidade de Caxias do Sul  
Programa de Pós-Graduação em Administração  
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130  
Bloco F - Sala 400 - Secretaria  
Caxias do Sul - RS - CEP 95070-560

Caxias do Sul, 01 de Fevereiro de 2018.

CAMPUS-SEDE  
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 – Bairro Farroupilha – CEP 95070-560 – Caxias do Sul – RS – Brasil  
Caixa Postal 3288 – CEP 95030-972 – Caxias do Sul – RS – Brasil  
Telefone/Teléfono (54) 3636.2300 – www.ucs.br  
Endereço eletrônico: Fundação Universidade de Caxias do Sul – CEP 95088-705/0001-00 – CDDT8 026/0166880

Fonte: desenvolvido pelo autor (2018).

## APÊNDICE B – RESULTADOS BIBLIOMETRIA BASE DE DADOS SCOPUS

São apresentadas nessa sessão todas as figuras que representaram os documentos localizados durante a pesquisa bibliométrica na base de dados *Scopus*.

Figura 35 - Lei de Zipf, Lotka e Bradford termo “*purchasing 4.0*”

The screenshot shows the Scopus search interface. At the top, the search criteria are: TITLE-ABS-KEY ("purchasing 4.0") AND PUBYEAR > 2012 AND PUBYEAR < 2019. Below the search bar, there are options to Edit, Save, Set alert, and Set feed. A red-bordered box highlights a message that says "No documents were found." with a close button (X).

Fonte: *Scopus* (2018).

Figura 36 - Lei de Zipf termo “*industry 4.0*”

The screenshot shows the Scopus search interface with 2,312 document results. The search criteria are: TITLE-ABS-KEY ("industry 4.0") AND PUBYEAR > 2012 AND PUBYEAR < 2019. The interface includes options to Analyze search results, Show all abstracts, and Sort on: Date (newest). A table of results is displayed with columns for Document title, Authors, Year, Source, and Cited by.

Document title	Authors	Year	Source	Cited by
1 A MapReduce-Based Ensemble Learning Method with Multiple Classifier Types and Diversity for Condition-Based Maintenance with Concept Drifts	Lin, C.-C., Shu, L., Deng, D.-J., (..), Chen, Y.-H., Hsieh, H.-L.	2018	IEEE Cloud Computing 4(6),8260824, pp. 38-48	0
2 Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review	Dallasega, P., Rauch, E., Linder, C.	2018	Computers in Industry 99, pp. 205-225	0

Fonte: *Scopus* (2018).

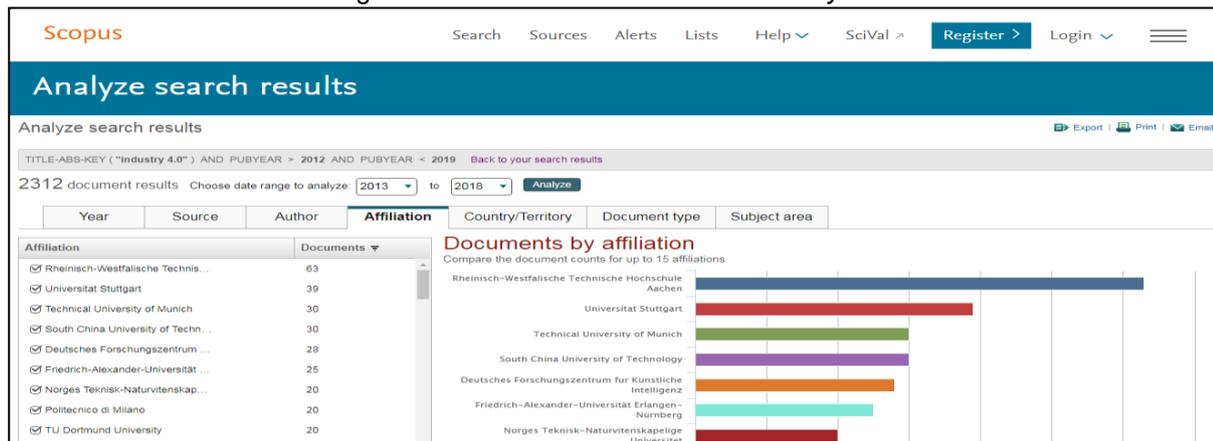
Figura 37 - Lei de Lotka termo “*industry 4.0*”

The screenshot shows the 'Analyze search results' page for the term 'industry 4.0'. It displays a table of authors and their document counts, along with a horizontal bar chart titled 'Documents by author' comparing the document counts for up to 15 authors.

Author	Documents
Wan, J.	15
Jeschke, S.	13
Li, D.	13
Wang, S.	13
Rauch, E.	12
Dallasega, P.	11
Franke, J.	11
Matt, D.T.	10
Liu, C.	9

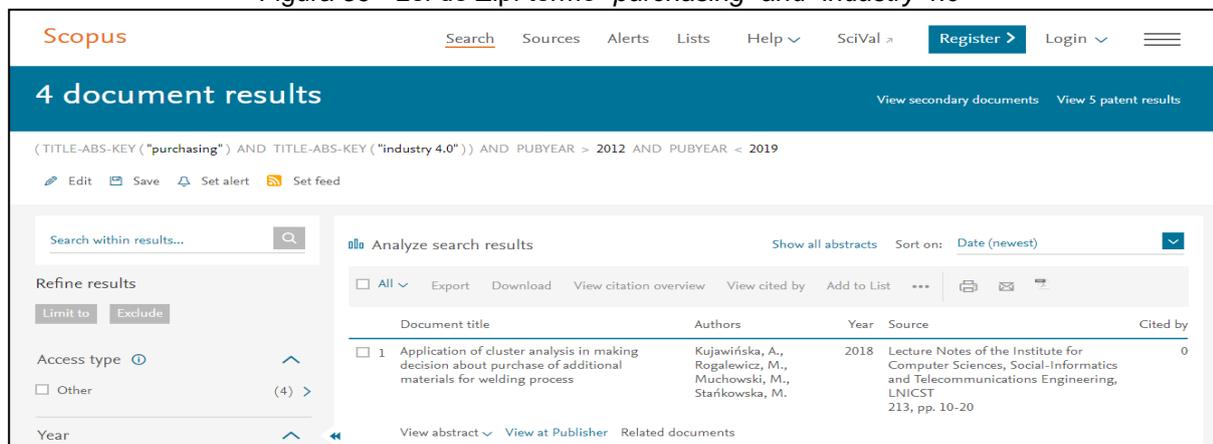
Fonte: *Scopus* (2018).

Figura 38 - Lei de Bradford termo "industry 4.0"



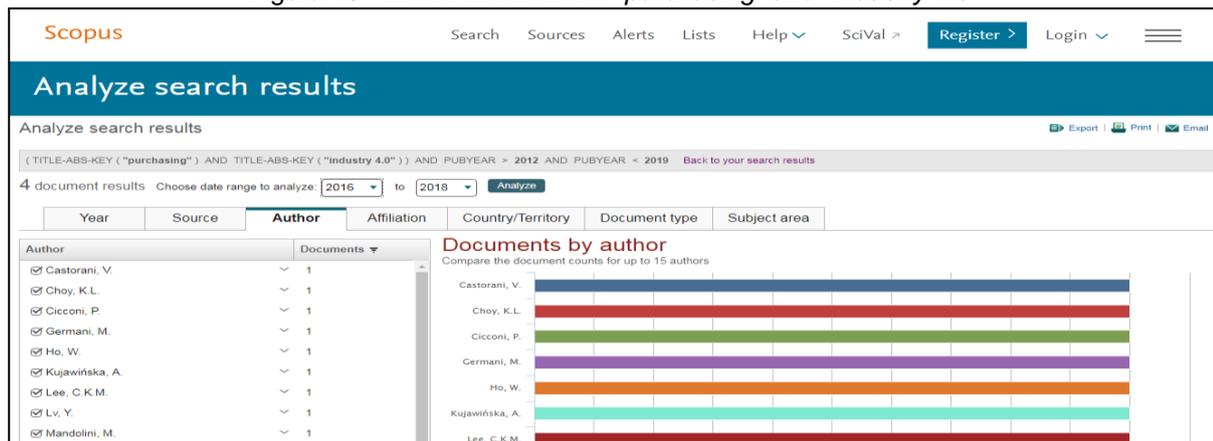
Fonte: Scopus (2018).

Figura 39 - Lei de Zipf termo "purchasing" and "industry 4.0"



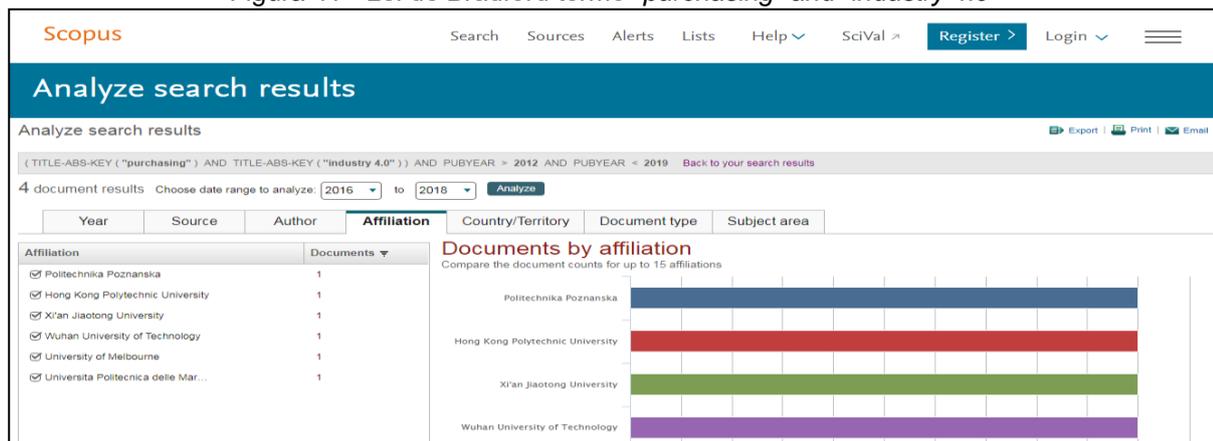
Fonte: Scopus (2018).

Figura 40 - Lei de Lotka termo "purchasing" and "industry 4.0"



Fonte: Scopus (2018).

Figura 41 - Lei de Bradford termo "purchasing" and "industry 4.0"



Fonte: Scopus (2018).

## APÊNDICE C – RESULTADOS BIBLIOMETRIA BASE DE DADOS WS

São apresentadas nessa sessão todas as figuras que representaram os documentos localizados durante a pesquisa bibliométrica na base de dados WS.

Figura 42 - Lei de Zipf, Lotka e Bradford termo “*purchasing 4.0*”

The screenshot shows the Web of Science search page for the term "purchasing 4.0". The search results section indicates that no records were found. The interface includes a search bar with the term "purchasing 4.0", a search button, and a message stating "Sua pesquisa não encontrou registros." Below this, there are instructions on how to refine the search, such as checking spelling, using wildcards, and using synonyms. The search bar also includes a dropdown menu for "Tópico" and a "Pesquisa" button.

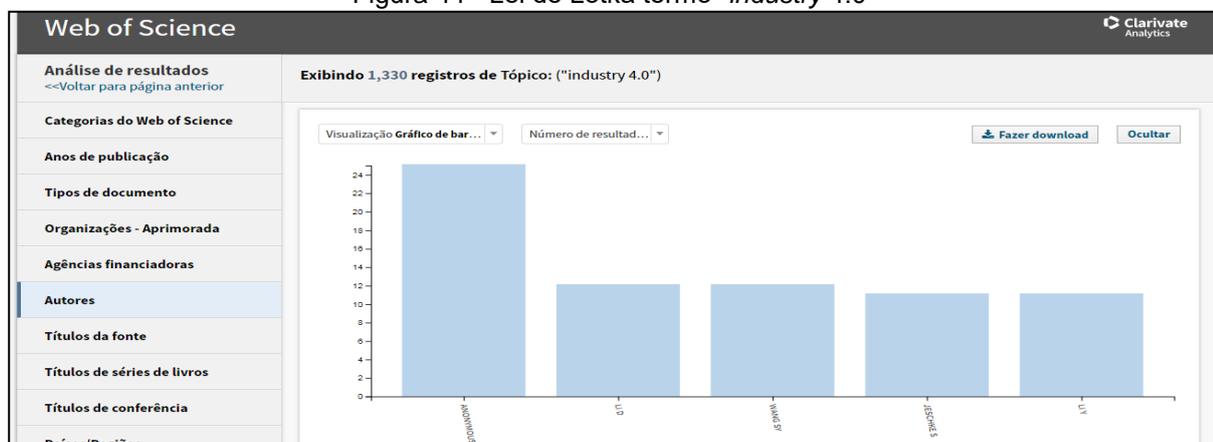
Fonte: Web of Science (2018).

Figura 43 - Lei de Zipf termo “*industry 4.0*”

The screenshot shows the Web of Science search results for the term "industry 4.0". The search returned 1,330 results. The interface displays a list of search results, including the title, author, journal, volume, issue, and publication date. The first result is "Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives" by Zheng, Paik Wang, Honghui; Sang, Zhiqian; et al. The second result is "Automated work cycle classification and performance measurement for manual work stations" by Bauters, Karel; Cottyn, Johannes; Claeys, Dieter; et al. The interface also includes options to view the full text or download the abstract.

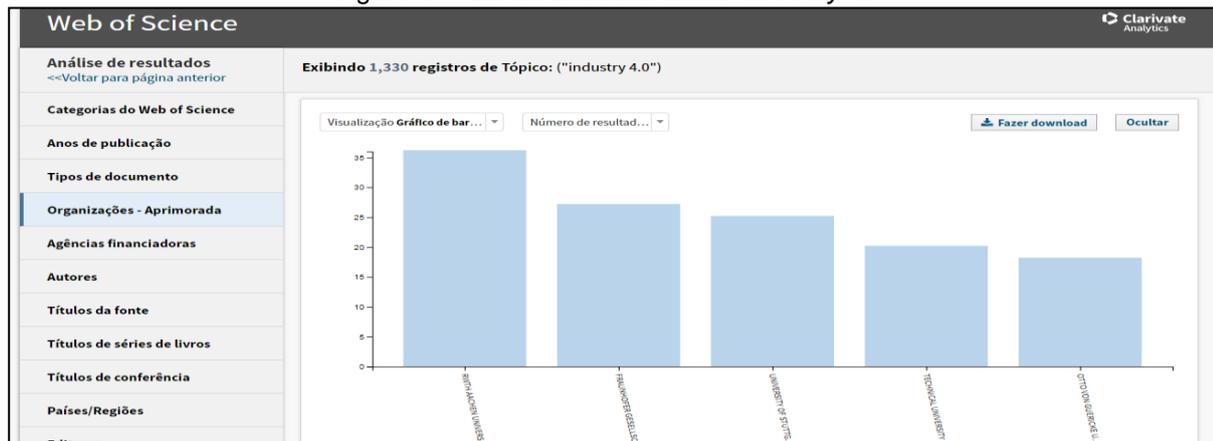
Fonte: Web of Science (2018).

Figura 44 - Lei de Lotka termo “*industry 4.0*”



Fonte: Web of Science (2018).

Figura 45 - Lei de Bradford termo “industry 4.0”



Fonte: Web of Science (2018).

Figura 46 - Lei de Zipf termo “purchasing” and “industry 4.0”

Web of Science realizará uma manutenção programada do dia 21 de abril de 2018 às 12:00 GMT ao dia 22 de abril de 2018 às 00:00 GMT. Durante esse período, pode haver problemas intermitentes de acesso. Pedimos desculpas pelo incômodo.

Selecione uma base de dados: Principal Coleção do Web of Science

Pesquisa Básica | Pesquisa de referência citada | Pesquisa avançada | + mais

Sua pesquisa não encontrou registros.

Verifique a ortografia de sua pesquisa.  
 Compare sua consulta com os exemplos de pesquisa da página de pesquisa.  
 Use um caractere curinga (\*, \$, ?) para localizar plurais e variantes de palavras. (por exemplo, graph\*nanofib\* para graphite nanofiber).  
 Use vários termos para localizar um conceito semelhante. (por exemplo, cell\* phone\* OU mobile phone\*).  
 Considere limpar o formulário de pesquisa. Pesquisas anteriores podem permanecer nos outros campos.  
 Consulte regras de pesquisa e vídeos de treinamento

"purchasing" Tópico

AND "industry 4.0" Tópico

+ Adicionar outro campo | Limpar todos os campos

Pesquisa

Clique aqui para obter dicas para melhorar a sua pesquisa.

Fonte: Web of Science (2018).

## APÊNDICE D – RESULTADOS BIBLIOMETRIA BASE DE DADOS NDLTD

São apresentadas nessa sessão todas as figuras que representaram os documentos localizados durante a pesquisa bibliométrica na base de dados NDLTD.

Figura 47 - Lei de Zipf termo “purchasing 4.0”

The screenshot shows the NDLTD Global ETD Search interface. The search query is "purchasing 4.0". The search results show one result: "Purchasing 4.0: An Exploratory Multiple Case Study on the Purchasing Process Reshaped by Industry 4.0 in the Automotive Industry" by Simon Götge, Simon Menzel, and Torben 2017. The title is highlighted in blue. The abstract text is visible, starting with "Title: Purchasing 4.0: An Exploratory Multiple Case Study on the Purchasing Process Reshaped by Industry 4.0 in the Automotive Industry". The authors are listed as Simon Götge, Torben Menzel. The background is "Rapidly transforming technologies and changing customer expectations trigger the fourth industrial revolution. This development, often referred to as 'Industry 4.0', is characterized by autonomously communicating and interacting technologies throughout the supply chain. Simultaneously, the importance of efficient purchasing processes in the automotive sector keeps growing as outsourcing and globalization tendencies increase. While Industry 4.0 publications are on the rise, little research is carried out on the impact on related supply chain functions, especially purchasing, calling for scientific investigations. Purpose: The purpose of this thesis is to explore the influence of Industry 4.0 on purchasing at automotive manufacturers and further derive a visionary model of the reshaped purchasing process within the adjusted Purchasing 4.0 context. Method: The deductive research is carried out as exploratory". There are tags for "Purchasing", "Industry 4.0", "Purchasing 4.0", "Purchasing Process", "Automotive", "Business Administration", and "Företagsekonomi".

Fonte: NDLTD (2018).

Figura 48 - Lei de Zipf termo “industry 4.0”

The screenshot shows the NDLTD Global ETD Search interface. The search query is "industry 4.0". The search results show two results. The first result is "Creating value with Industry 4.0" by Medhi, Gitarthi 2016. The abstract text is visible, starting with "We are in the age of Industry 4.0. Evolution and advancements in information and communication technology, sensors, Big Data, the Internet of Things, 3D printing, cloud computing, robots and mobile internet are some of the key technology areas that will digitize the value chains in various industries. The benefits are expected to be enormous along all value dimensions: efficiency, flexibility, quality, larger product selection and unique customer experience. The goal of this thesis is to understand and explore how adoption of Industry 4.0 technologies will impact and transform the functions of a value chain. Research consists of extensive study of industry case studies from leading providers, research papers, industry reports and journals. This thesis analyzes current applications and benefits of Industry 4.0 technologies and their impacts. It also explores risk and barriers of technology adoption by researching industry examples. The outcomes of the thesis are: -- A "Benefit-Impact Mapping Framework" to capture the how implementation Industry 4.0 technologies can impact". There are tags for "Engineering and Management Program.", "System Design and Management Program.", and "Engineering Systems Division.". The second result is "Abkantmaschine für die Industrie 4.0" by Laabs, Peter 19 March 2015. There is a PDF icon next to the title.

Fonte: NDLTD (2018).

Figura 49 - Lei de Bradford termo “purchasing” and “industry 4.0”

The screenshot shows the NDLTD Global ETD Search interface. The search query is "purchasing" and "industry 4.0". The search results show one result: "Purchasing 4.0: An Exploratory Multiple Case Study on the Purchasing Process Reshaped by Industry 4.0 in the Automotive Industry" by Simon Götge, Simon Menzel, and Torben 2017. The title is highlighted in blue. The abstract text is visible, starting with "Title: Purchasing 4.0: An Exploratory Multiple Case Study on the Purchasing Process Reshaped by Industry 4.0 in the Automotive Industry". The authors are listed as Simon Götge, Torben Menzel. The background is "Rapidly transforming technologies and changing customer expectations trigger the fourth industrial revolution. This development, often referred to as 'Industry 4.0', is characterized by autonomously communicating and interacting technologies throughout the supply chain. Simultaneously, the importance of efficient purchasing processes in the automotive sector keeps growing as outsourcing and globalization tendencies increase. While Industry 4.0 publications are on the rise, little research is carried out on the impact on related supply chain functions, especially purchasing, calling for scientific investigations. Purpose: The purpose of this thesis is to explore the influence of Industry 4.0 on purchasing at automotive manufacturers and further derive a visionary model of the reshaped purchasing process within the adjusted Purchasing 4.0 context. Method: The deductive research is carried out as exploratory". There are tags for "Purchasing", "Industry 4.0", "Purchasing 4.0", "Purchasing Process", "Automotive", "Business Administration", and "Företagsekonomi". Spelling suggestions are shown: "purchasing" and "industry 4.0" and "purchasing" and "industry 4.0".

Fonte: NDLTD (2018).

## APÊNDICE E – RESULTADOS BIBLIOMETRIA BASE DE DADOS BDTD

São apresentadas nessa sessão todas as figuras que representaram os documentos localizados durante a pesquisa bibliométrica na base de dados BDTD.

Figura 50 - Lei de Zipf termo “compras 4.0”



BDTD 15 anos  
Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

Idioma ▾

Página Inicial Sobre a BDTD ▾ Rede BDTD ▾ Acesso Aberto Brasil Serviços ▾

Termos de busca : "(Todos os campos:"compras 4.0")"

Editar a Busca Avançada | Iniciar uma nova Busca Avançada | Iniciar uma nova Busca Básica

Busca: (Todos os campos:"compras 4.0")

Retirar os Filtros

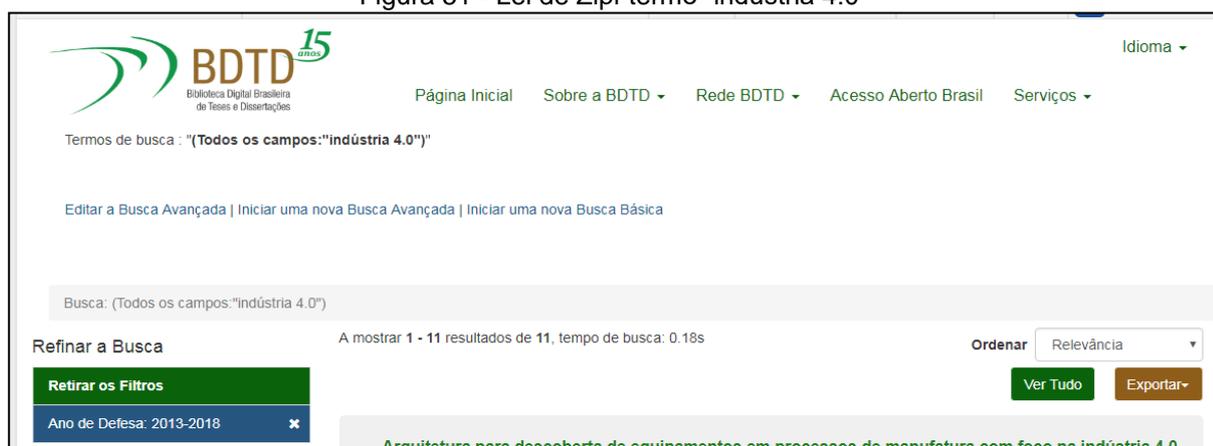
Ano de Defesa: 2013-2018 ✕

**Nenhum registro encontrado!**

A sua busca - (Todos os campos:"compras 4.0") - não corresponde a nenhum registro.

Fonte: BDTD (2018).

Figura 51 - Lei de Zipf termo “indústria 4.0”



BDTD 15 anos  
Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

Idioma ▾

Página Inicial Sobre a BDTD ▾ Rede BDTD ▾ Acesso Aberto Brasil Serviços ▾

Termos de busca : "(Todos os campos:"indústria 4.0")"

Editar a Busca Avançada | Iniciar uma nova Busca Avançada | Iniciar uma nova Busca Básica

Busca: (Todos os campos:"indústria 4.0")

Refinar a Busca

A mostrar 1 - 11 resultados de 11, tempo de busca: 0.18s

Ordenar Relevância ▾

Retirar os Filtros

Ano de Defesa: 2013-2018 ✕

Ver Tudo Exportar ▾

Arquitetura para descoberta de equipamentos em processos de manufatura com foco na indústria 4.0.

Fonte: BDTD (2018).

Figura 52 - Lei de Zipf termo “compras” e “indústria 4.0”



BDTD 15 anos  
Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

Idioma ▾

Página Inicial Sobre a BDTD ▾ Rede BDTD ▾ Acesso Aberto Brasil Serviços ▾

Termos de busca : "(Todos os campos:"compras" E Todos os campos:"indústria 4.0")"

Editar a Busca Avançada | Iniciar uma nova Busca Avançada | Iniciar uma nova Busca Básica

Busca: (Todos os campos:"compras" E Todos os campos:"indústria 4.0")

Refinar a Busca

A mostrar 1 - 2 resultados de 2, tempo de busca: 0.09s

Ordenar Relevância ▾

Retirar os Filtros

Ano de Defesa: 2013-2018 ✕

Ver Tudo Exportar ▾

Análise da sistemática de homologação e certificação de produtos cibernéticos : estudo de caso.

Fonte: BDTD (2018).

## APÊNDICE F – QUESTÕES VALIDADAS

### ESTRATÉGIA DE ENTREVISTA

1. Perguntas gerais e pessoais: Entender a posição do entrevistado em relação ao contexto empresarial e suas percepções gerais quanto aos processos de compras da empresa;
2. Reformulação dos processos empresariais: Analisar como os componentes e princípios da Indústria 4.0 são aplicados na empresa em que ele trabalha atualmente, fazendo com que o entrevistado associe esses conceitos que são trazidos de maneira implícita com a realidade da empresa;
3. Perspectiva operacional de compras reformuladas: Verificar a aderência dos princípios anteriormente citados com os processos de compras da empresa, atuais e desejados;
4. Perguntas de encerramento: Evidenciar ao entrevistado o tema da pesquisa, de modo que o próprio possa abordá-lo de maneira mais direta, bem como ponderando sobre seu nível de conhecimento sobre o assunto.

### Roteiro de entrevista

A partir do modelo de questões de Gottge e Menzel (2017), algumas perguntas foram adaptadas pelo autor da dissertação Guilherme Sirtori, conforme descritas abaixo:

### PERGUNTAS GERAIS E PESSOAIS

- G1) Conte sua trajetória na área de Compras: cargos e principais atividades.
- G2) Você avalia as práticas de compras da sua empresa evoluídas tecnologicamente? Por quê? Os processos são digitalizados, automatizados e há integração de dados?
- G3) O que você vê como desafios e/ou problemas que as compras empresariais estão enfrentando atualmente? Por quê?

### REFORMULAÇÃO DOS PROCESSOS EMPRESARIAIS

R1) Na sua empresa você conhece algum dispositivo que permite a interação entre estruturas físicas e informática? Qual? (CPS)

R2) As decisões são tomadas pelas próprias máquinas em tempo real ou dependem de intervenção humana? Como? Poderiam ser? (Descentralização e capacidade em tempo real)

R3) Essas máquinas conversam entre si, com seres humanos ou até mesmo outras empresas? Como? (IoT e Interoperabilidade)

R4) Elas influenciam nos serviços prestados pela mesma? Por quê? (IoS e orientação a serviço)

R5) Existem ambientes virtuais que simulam processos? Como? (Virtualização)

R6) As ferramentas utilizadas atualmente se adaptam a alterações de demanda/produto e sazonalidades de mercado? (Modularidade)

R7) Você acredita que fábricas que se utilizam dessas tecnologias são mais “inteligentes” que as demais? Por quê? (*Smart Factories*)

#### COMPONENTES DA INDÚSTRIA 4.0

**CPS (Cyber Physical Systems)** – São **sistemas automatizados** que permitem a conexão de operações entre o mundo físico e o virtual, ou seja, computadores e redes;

**IoT (Internet of Things)** – São objetos “coisas” aliadas de sensores com conexão em rede, coletando, armazenando e transmitindo dados. Interagem entre si, com seres humanos cooperativamente, possuindo autonomia da tomada de decisão;

**IoS (Internet of Services)** – Com a coleta e análise de dados ocorrendo de forma contínua, se tem uma quantidade de dados nunca antes vista, o *big data*. Assim é possível identificar novas demandas e aprimorar as já existentes, trazendo os serviços a um novo patamar.

**Smart Factories** – Fábricas que trazem tais modificações de conceitos, com a cooperação entre sistemas tornam-se inteligentes, aprimorando a cadeia de valor empresarial.

<b>PRINCÍPIOS DA INDÚSTRIA 4.0</b>
<b>Interoperabilidade</b> – capacidade dos <b>sistemas comunicarem-se com outros</b> sistemas da cadeia de suprimentos e consumo como um todo através das redes;
<b>Virtualização</b> – processo de <b>criar uma representação virtual</b> em <i>software</i> de um processo físico. Assim, uma cópia do mundo real é criada em um modelo de simulação;
<b>Descentralização</b> – representa a <b>autonomia do CPS</b> na tomada de decisão, de acordo com as necessidades de produção em tempo real;
<b>Capacidade em tempo real</b> – consiste na coleta, análise e transformação de dados em informações de maneira praticamente <b>instantânea</b> ;
<b>Orientação à serviços</b> – ocorre a partir a <b>disponibilização de dados e serviços em rede</b> aberta, fazendo com que a <i>IoS</i> seja integrada entre a cadeia e se fortaleça;
<b>Modularidade</b> – trata-se de um conceito onde o <b>sistema é dividido em partes</b> , com interfaces de <i>softwares</i> e <i>hardwares</i> padronizadas.

#### PERSPECTIVA OPERACIONAL DE COMPRAS REFORMULADAS

Digamos que os processos e tecnologias antes mencionados fossem aplicados ao Departamento de Compras, como eles poderiam remodelar os subprocessos de compra nas empresas para [...]. Se eles já são, por gentileza expor ao longo de sua resposta. Se eles não forem, como poderiam ser?

- O1) [...] selecionar Fornecedores?
- O2) [...] negociar e estabelecer contratos?
- O3) [...] receber demandas, emitir ordens de compra e acompanhar entrega?
- O4) [...] avaliar Fornecedores?
- O5) [...] no relacionamento com outras áreas?

#### PERGUNTAS DE ENCERRAMENTO

E1) Quais são pré-requisitos, barreiras e/ou desafios você vê em relação à implementação dos processos/tecnologias antes citados na área de Compras?

E2) Como você vê o papel do Departamento de TI da sua empresa nas mudanças para o setor 4.0 e conseqüentemente Compras? E dos seus Fornecedores?

E3) Quais principais mudanças você gostaria de ver com relação aos processos do setor de compras no futuro?

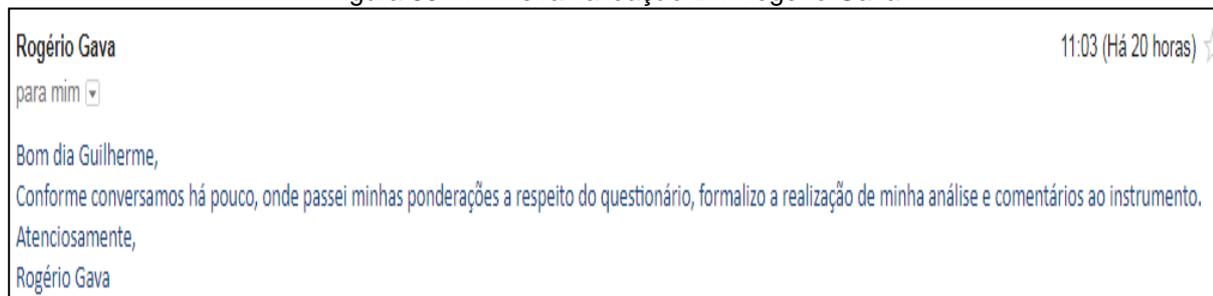
E4) Conte-me um fato extremamente positivo e outro extremamente negativo relacionado às experiências que você já teve quanto ao aprimoramento das ferramentas e/ou sistema operacional na empresa que trabalha.

**Referência:**

GOTTGE, S. e MENZEL, T. **Purchasing 4.0:** An Exploratory Multiple Case Study on the Purchasing Process Reshaped by Industry 4.0 in the Automotive Industry. Linnaeus University, Sweden, 2017. 147 p.

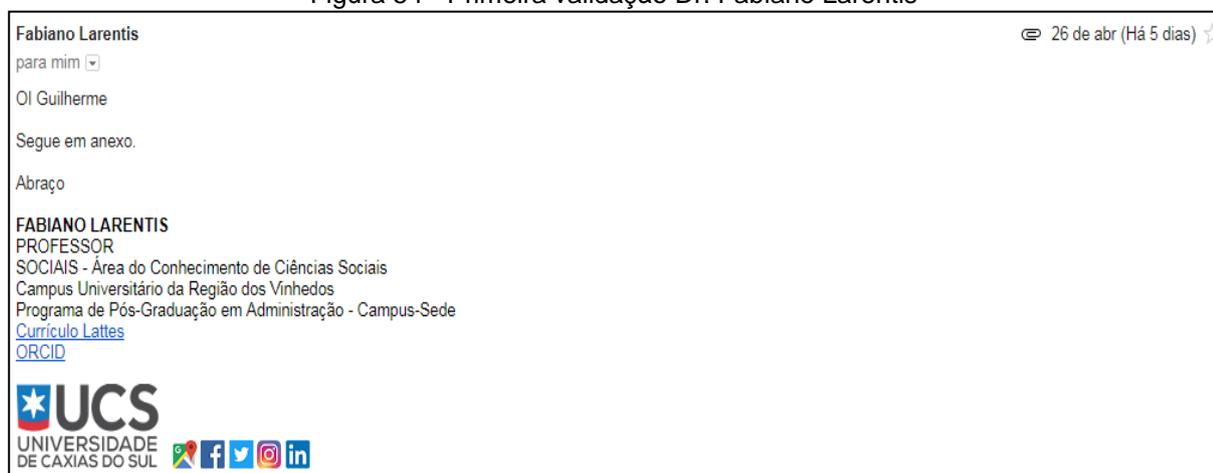
## APÊNDICE G – RETORNO DE PROFESSORES ESPECIALISTAS QUE VALIDARAM A PESQUISA

Figura 53 - Primeira validação Dr. Rogério Gava



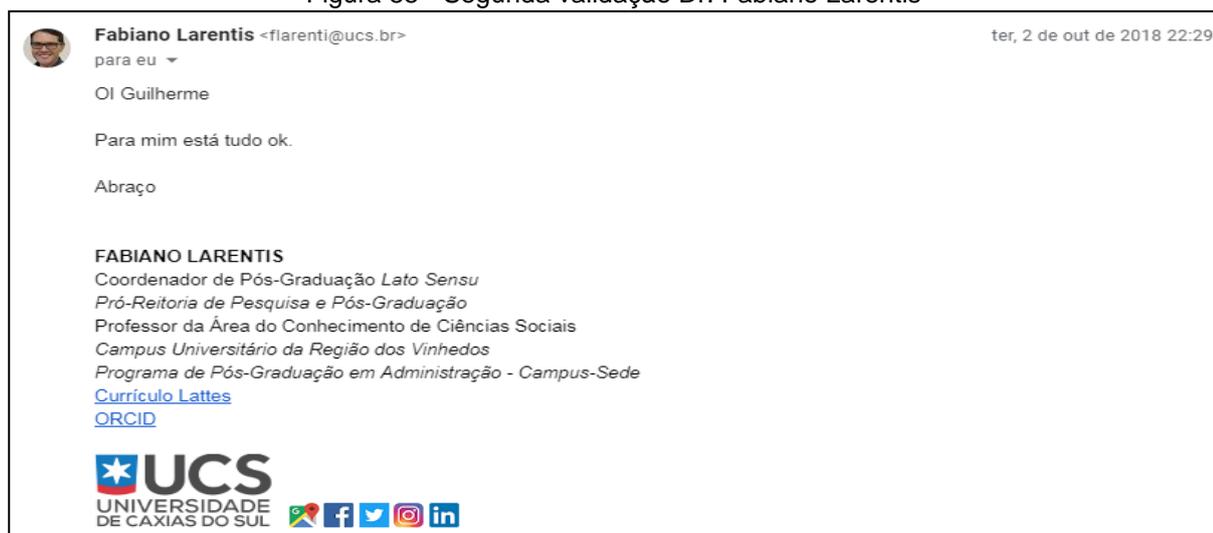
Fonte: desenvolvido pelo autor (2018).

Figura 54 - Primeira validação Dr. Fabiano Larentis



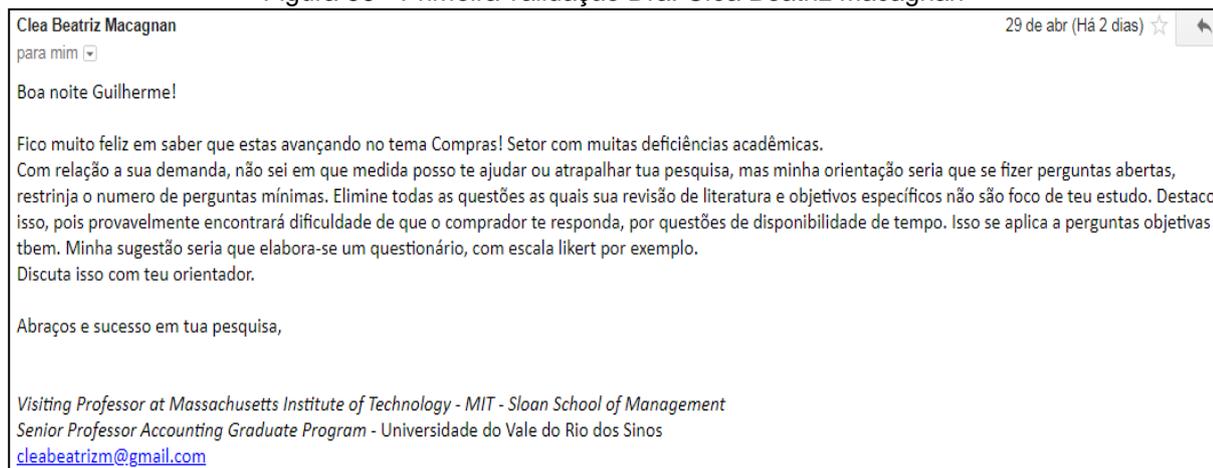
Fonte: desenvolvido pelo autor (2018).

Figura 55 - Segunda validação Dr. Fabiano Larentis



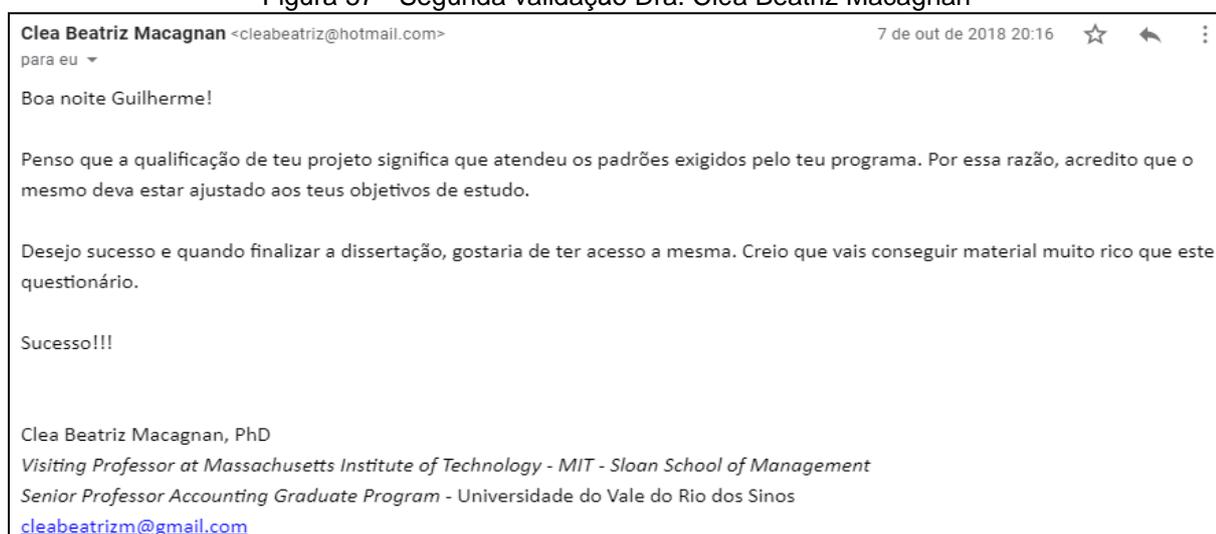
Fonte: desenvolvido pelo autor (2018).

Figura 56 - Primeira validação Dra. Cléa Beatriz Macagnan



Fonte: desenvolvido pelo autor (2018).

Figura 57 - Segunda validação Dra. Cléa Beatriz Macagnan



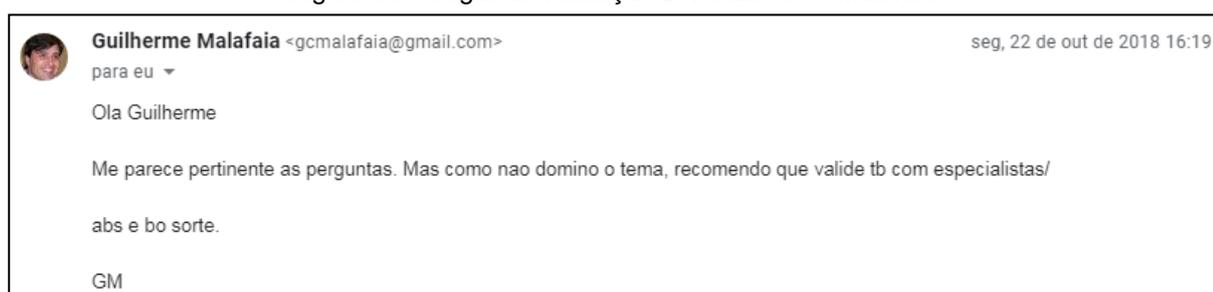
Fonte: desenvolvido pelo autor (2018).

Figura 58 - Primeira validação Dr. Guilherme Malafaia



Fonte: desenvolvido pelo autor (2018).

Figura 59 - Segunda validação Dr. Guilherme Malafaia



Fonte: desenvolvido pelo autor (2018).

## APÊNDICE H – TERMO DE CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO EM ESTUDO DE CASO

### TERMO DE CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO EM ESTUDO DE CASO

Declaração:

A Empresa \_\_\_\_\_, CNPJ \_\_\_\_\_ autoriza a realização de entrevistas com seus colaboradores com o intuito de fornecer uma base empírica de dados para a Tese de Mestrado em Administração, com ênfase em Inovação e Competitividade, intitulada: **Compras 4.0: Um estudo de caso múltiplo da influência da Indústria 4.0 no segmento metalmecânico da Serra Gaúcha**, elaborada pelo mestrando Guilherme Sirtori sob a orientação do Professor Dr. Pelayo Munhoz Olea, da Universidade de Caxias do Sul – RS, Brasil.

A mesma certifica que foi informada sobre a publicação da Tese e está ciente de que os resultados serão compartilhados com o meio acadêmico e comunidade.

Com vista a manter o sigilo de informações, os nomes das empresas (casos), bem como os nomes de seus colaboradores (entrevistados), não serão divulgados.

Dessa forma autoriza que:

- As entrevistas tenham seus áudios gravados;
- Sejam efetuadas anotações de campo por parte do pesquisador;
- Os cargos dos colaboradores entrevistados sejam descritos.

Observações adicionais da Empresa: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
**Nome**

\_\_\_\_\_  
**Assinatura**

\_\_\_\_\_  
**Data**

Atenciosamente,  
Guilherme Sirtori

## APÊNDICE I – TERMO DE CONSENTIMENTO DE ENTREVISTAS

### TERMO DE CONSENTIMENTO DE ENTREVISTAS

Declaração:

Aceito ser entrevistado com o intuito de fornecer uma base empírica de dados para a Tese de Mestrado em Administração, com ênfase em Inovação e Competitividade, intitulada: **Compras 4.0: Um estudo de caso múltiplo da influência da Indústria 4.0 no segmento metalmecânico da Serra Gaúcha**, elaborada pelo mestrando Guilherme Sirtori sob a orientação do Professor Dr. Pelayo Munhoz Olea, da Universidade de Caxias do Sul – RS, Brasil.

Certifico que eu fui informado sobre a publicação da Tese e estou ciente de que os resultados serão compartilhados com o meio acadêmico e comunidade.

Com vista a manter o sigilo de informações, os nomes das empresas (casos), bem como os nomes de seus colaboradores (entrevistados), não serão divulgados.

Dessa forma eu autorizo que:

- A entrevista tenha seu áudio gravado;
- Sejam efetuadas anotações de campo por parte do pesquisador;
- Meu cargo seja descrito.

Observações adicionais do entrevistado: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Nome

\_\_\_\_\_  
Empresa

\_\_\_\_\_  
Data

Grato pela sua participação na pesquisa.

Atenciosamente,  
Guilherme Sirtori