

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE GESTÃO E NEGÓCIOS
DOUTORADO EM ADMINISTRAÇÃO**

DANIELA MARIA FELTRIN MARCHINI

INTERNET DAS COISAS APLICADA À GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

**PIRACICABA
2022**

DANIELA MARIA FELTRIN MARCHINI

INTERNET DAS COISAS APLICADA À GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Administração da Faculdade de Gestão e Negócios da Universidade Metodista de Piracicaba, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutora em Administração.

Campo do Conhecimento: Operações e Logística

Orientador: Prof. Dr. João Batista de Camargo Júnior

PIRACICABA

2022

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP
Bibliotecária: Joyce Rodrigues de Freitas - CRB-8/10115.

M317i	<p>Marchini , Daniela Maria Feltrin Internet das coisas aplicada à gestão da cadeia de suprimentos/ Daniela Maria Feltrin Marchini. - 2022. 176f. ; 30 cm.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. João Batista de Camargo Júnior. Tese (Doutorado) – Universidade Metodista de Piracicaba, Administração, Piracicaba, 2022.</p> <p>1. Gestão da Cadeia de Suprimentos. 2. Internet das Coisas. 3. Modelo SCOR.. I. Marchini , Daniela Maria Feltrin. II. Título.</p> <p>CDD – 658.7</p>
-------	---

DANIELA MARIA FELTRIN MARCHINI

INTERNET DAS COISAS APLICADA À GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Administração da Faculdade de Gestão e Negócios da Universidade Metodista de Piracicaba, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutora em Administração.

Campo do Conhecimento: Operações e Logística

Orientador: Prof. Dr. João Batista de Camargo Júnior

Data da Defesa: 25/08/2022

Prof. Dr. João Batista de Camargo Júnior
(Orientador)

Prof. Dr. Sílvio Roberto Ignácio Pires
EAE Business School

Prof. Dr. Fernando César Almada Santos
USP

Profa. Dra. Maria Imaculada de Lima
Montebelo
UNIMEP

Prof. Dr. Alexandre Tadeu Simon
UNIMEP

DEDICATÓRIA

A Danielson, Tainá e Gabriel.

Pelo amor, paciência, dedicação e incentivo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força em todos os momentos de minha vida.

A meu marido Danielson e aos meus filhos Tainá e Gabriel pela compreensão nos momentos de ausência, pela parceria em todos os momentos e pelo amor incondicional de nossa família.

Ao Prof. Dr. João Batista de Camargo Júnior e à Prof.^a Dr.^a Maria Imaculada de Lima Montebelo pelas orientações, compreensão e paciência na jornada.

Ao Prof. Dr. Sílvio Ignácio Pires pelo acompanhamento e incentivo no caminho acadêmico.

A Pedro Domingos Antonioli, Yeda Oswaldo, Valéria Rueda Elias Spers e Dalila Corrêa, docentes do Programa de Pós Graduação em Administração (PPGA) que contribuíram para o meu crescimento nesta jornada.

Às minhas irmãs Sílvia e Elisete pelo apoio nos momentos difíceis e a meus pais Henrique e Terezinha pelo amor dedicado.

Aos amigos que sempre incentivaram o trabalho, compreenderam a ausência e muitas vezes contribuíram, em especial a Cristine do Carmo Schimidt Bueno pelo carinho e ajuda nos momentos difíceis, e a Maricê Leo Sartori Balducci pelo apoio de sempre.

Aos amigos da Fatec Americana, Fatec Campinas e Fatec Sumaré que me incentivaram e apoiaram na jornada.

Aos professores da Banca de Qualificação e Defesa, pelo tempo e disposição em colaborar para a construção deste trabalho.

Aos colaboradores da Secretaria de Pós-Graduação, sempre solícitos e alegres em nos apoiar.

À CAPES pelo apoio financeiro.

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – Brasil”.

*Eu sou aquela mulher a quem o tempo muito ensinou.
Ensinou a amar a vida e não desistir da luta,
recomeçar na derrota, renunciar a palavras e
pensamentos negativos. Acreditar nos valores
humanos e ser otimista!*

Cora Coralina

RESUMO

O avanço da digitalização e a popularização do uso das tecnologias têm transformado o hábito dos consumidores e influenciado a competitividade das organizações. Destaque é dado para as tecnologias da Indústria 4.0, em especial a Internet das Coisas. Tais transformações têm estimulado mudanças nos modelos de negócios e nas operações na Gestão da Cadeia de Suprimentos. Surge assim o questionamento sobre como as organizações têm aproveitado os benefícios da Internet das Coisas, uma das tecnologias da Indústria 4.0, para obter ganhos na Gestão da Cadeia de Suprimentos. O objetivo desta pesquisa é desenvolver um modelo para avaliar o nível de aproveitamento dos benefícios decorrentes do uso da tecnologia Internet das Coisas em apoio aos processos de negócio da Gestão da Cadeia de Suprimentos. A pesquisa foi realizada tendo como base os processos de negócio do modelo SCOR e utilizou como método a revisão sistemática da literatura sobre o uso da Internet das Coisas na Gestão da Cadeia de Suprimentos, seguida da realização de um estudo de caso em uma fábrica do setor automobilístico na jornada de implantação da Indústria 4.0. O modelo desenvolvido apresenta um questionário de autoavaliação da influência da Internet das Coisas para cada um dos processos-chave de negócios do modelo SCOR, com prescrição de como poderia ser melhor utilizado e a indicação de sua contribuição com princípios da Indústria 4.0. Além dos processos chave do SCOR, o modelo permite a avaliação com prescrição de melhorias para a estrutura necessária nos eixos de Tecnologias e Pessoas que influenciam as organizações a obterem maior êxito com a tecnologia. O modelo serve como uma referência para o gestor repensar as operações e identificar como utilizar ou como obter maior aproveitamento com o uso da tecnologia.

Palavras-chave: Gestão da Cadeia de Suprimentos, Internet das Coisas, Modelo SCOR.

ABSTRACT

The advance of digitalization and the popularization of the use of technologies have transformed the habits of consumers and influenced the competitiveness of organizations. Emphasis is given to the technologies of 4.0 Industry, especially the Internet of Things. Such transformations have stimulated changes in business models and operations in Supply Chain Management. In this context, arises the question of how organizations have taken advantage of the benefits provided by the Internet of Things, one of the technologies of the 4.0 Industry, to obtain gains in Supply Chain Management. The goal of this research is to develop a model to assess the usage level of the benefits brought by the use of Internet of Things technology in support of Supply Chain Management business processes. The research was conducted based on the business processes of the SCOR model and used as a method the systematic review of the literature on the usage of the Internet of Things in Supply Chain Management, followed by a case study in a factory of the sector concerning the journey of the 4.0 Industry implementation. The developed model presents a self-assessment questionnaire about the influence of the Internet of Things for each of the key business processes of the SCOR model, with a prescription of how it could be better exploited and an indication of its contribution to 4.0 Industry principles. In addition to the key processes of SCOR, the model allows the evaluation with prescription of improvements to the necessary structure in the areas of Technologies and People that influence organizations to obtain greater success with technology. The model serves as a reference for the manager to rethink operations and identify how to use or obtain a greater use with the contribution of technology.

Keywords: Supply Chain Management, Internet of Things, SCOR Model.

LISTA DE FIGURAS E QUADROS

Figura 1 - Aplicações Industriais das Tecnologias Digitais.....	21
Figura 2 - Representação dos Passos da Pesquisa.....	27
Figura 3 - Representação da Cadeia de Suprimentos.....	30
Figura 4 - Estrutura de uma Cadeia de Suprimentos.....	30
Figura 5 – Cadeia Interna, Imediata e Total.....	31
Figura 6 - Eixos de Atuação da SCM.....	34
Figura 7 - Framework SCM.....	39
Figura 8 - Mapa Mental SCM.....	41
Figura 9 - SCOR Organizado em Torno de Seis Processos-Chave de Negócios....	43
Figura 10 - Níveis do SCOR.....	44
Figura 11 - Processos-Chave de Negócios do SCOR.....	45
Figura 12 - Modelo de Capacidades Digitais para CS.....	49
Figura 13 - Mapa Mental do SCOR.....	50
Figura 14 - Mapa Mental da Indústria 4.0.....	60
Figura 15 - Arquitetura da Internet das Coisas.....	62
Figura 16 - Mapa Mental da Internet das Coisas.....	67
Figura 17 – Resumo da Metodologia.....	69
Figura 18 - Seleção de Palavras-Chave.....	71
Figura 19 – Documentos por País	73
Figura 20 – Número de Publicações por Ano.....	78
Figura 21 – Revistas com maior número de publicações.....	79
Figura 22 – Países com maior número de publicações.....	81
Figura 23 – Publicações por Fonte de Financiamento.....	81
Figura 24 – Total de Publicações por Área.....	82
Figura 25 - Modelo de análise da Influência do uso da IoT na SCM - Página 1..	112
Figura 26 - Modelo de análise da Influência do uso da IoT na SCM - Página 2....	113
Figura 27 - Prescrições ao Gestor - Página 1.....	114
Figura 28 - Prescrições ao Gestor - Página 2.....	115
Figura 29 - Prescrições ao Gestor - Página 3.....	116
Figura 30 – Fluxograma da Construção do Modelo.....	117
Figura 31 - Uso da IoT na SCM.....	118

Figura 32 - Benefícios da IoT por Processo de Negócio do Modelo SCOR.....	119
Figura 33 - Outras influências no uso da IoT	123
Figura 34 - Síntese da Influência do uso da IoT na SCM.....	125
Quadro 1 - Indicadores de Nível 1 do SCOR.....	47
Quadro 2 - Características Tecnológicas das Revoluções Industriais.....	52
Quadro 3 – Avanço da Logística na SCM.....	58
Quadro 4 - Colaboração da IoT nas métricas de nível 1 do SCOR.....	126
Quadro 5 – Influência da IoT segundo os princípios da Indústria 4.0.....	128

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Autores com mais de uma publicação.....	79
Tabela 2 - Lista dos Artigos mais Citados.....	80
Tabela 3 – Com qual etapa cada autor contribuiu na análise.....	98

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI - *Artificial Intelligence*

APICS - *American Production and Inventory Control Society*

ASCM - *Association for Supply Chain Management*

B2C – *Business to Consumer* – Da empresa para o consumidor

CNI – Confederação Nacional da Indústria

CS - Cadeia de Suprimentos

CSCMP - *Council of Supply Chain Management Professionals*

DT – *Digital Twins* – Gêmeos Digitais

IA - Inteligência Artificial

IEL – Instituto Euvaldo Lodi

IIoT – *Industrial Internet of Things* – Internet das Coisas Industrial

IoT - *Internet of Things* – Internet das Coisas

IoS - *Internet of Service*

M2H – Máquina a Humanos

M2M – Máquina a Máquina

RFID – *Radio Frequency Identification* – Identificação por radiofrequência

SCC – *Supply Chain Council*

SI – Sistemas de Informação

SCM - *Supply Chain Management*

SCOR - *Supply Chain Operations Reference Model*

TI – Tecnologias de Informação

WEF – *World Economic Forum*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Problema.....	17
1.2 Objetivos.....	19
1.3 Justificativa.....	19
1.4 Proposições.....	23
1.5 Metodologia.....	24
1.6 Delimitações da Tese	25
1.7 Estrutura daTese.....	26
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	28
2.1 Supply Chain Management	28
2.2 O Modelo SCOR.....	41
2.3 Indústria 4.0	51
2.4 Internet das Coisas.....	60
3 METODOLOGIA.....	68
3.1 Revisão Sistemática da Literatura.....	69
3.2 Estudo de Caso.....	74
3.3 Limitações do Método.....	76
4 ANÁLISE DOS DADOS.....	78
4.1 Revisão Sistemática da Literatura.....	78
4.2 Estudo de Caso.....	100
5 CONSTRUÇÃO DO MODELO.....	110
5.1 Análises Iniciais para Chegar ao Modelo.....	116
5.2 A Estruturação do Modelo.....	129
6 CONCLUSÕES.....	146
6.1 Contribuições Teóricas.....	147
6.2 Contribuições Gerenciais.....	148
6.3 Limitações da Pesquisa.....	149
6.4 Sugestões para Pesquisas Futuras.....	151
REFERÊNCIAS.....	153
Apêndice 1 – Questões do Estudo de Caso.....	163
Apêndice 2 - Resposta das questões do Estudo de Caso.....	164

Apêndice 3 - Transcrição da Entrevista.....	168
---	-----

1 INTRODUÇÃO

A popularização e a evolução das tecnologias têm influenciado não apenas processos empresariais, mas também – e principalmente – a cultura e os hábitos dos clientes que se tornaram mais exigentes e ávidos por flexibilidade, agilidade e informação (SCHWAB, 2016).

Neste contexto, adquiriu grande importância a participação e a influência das cadeias de suprimentos, bem como a flexibilidade e agilidade das mesmas para acompanhar as mudanças exigidas pelo mercado. Tais mudanças têm sido intensificadas com o avanço das tecnologias da Indústria 4.0. Assim, as mudanças tecnológicas devem influenciar não apenas a forma de se fazer negócios entre as empresas, como também os valores dos clientes e a forma como as pessoas e as empresas se relacionam.

Segundo Lee *et al.* (2018), a indústria está no caminho de mudanças que vão influenciar outras áreas, como os modelos de negócios e as cadeias de suprimentos (CS - *Supply Chain*). Tal noção é complementada por Barreto, Amaral e Pereira (2017), que acrescentam as mudanças na sociedade e no ritmo econômico.

O termo Indústria 4.0 foi utilizado em 2011, na feira de Hannover, para descrever a influência da integração das tecnologias digitais fundamentadas em computador, *software* e redes, transformando a sociedade e a organização das cadeias de suprimentos globais (SCHWAB; DAVIS, 2018).

O grande diferencial está na fusão dessas tecnologias, ampliando as transformações e integrando os mundos físico, digital e biológico (SCHWAB, 2016). As tecnologias da Indústria 4.0 não são novas – mas, segundo Schwab (2016), elas estão mais sofisticadas, podendo ser utilizadas de forma integrada, transformando a sociedade e a economia global, causando assim rupturas à terceira revolução industrial e trazendo evidências de uma quarta revolução industrial.

A Primeira Revolução Industrial foi focada na inserção da produção mecânica e na invenção da máquina a vapor, enquanto a Segunda Revolução foi marcada pelo uso da eletricidade na linha de montagem e pela produção em massa. Em seguida, a Terceira Revolução Industrial foi ditada pelo uso de semicondutores, da computação e da Internet (SCHWAB, 2016). Hoffmann *et al.* (2019) e Schwab (2016) afirmam que a indústria 4.0 não afeta apenas a operação interna de uma organização, mas também a operação das cadeias suprimentos, o que impulsiona o problema selecionado para a pesquisa.

Segundo Unal *et al.* (2021), a Indústria 4.0 é impulsionada por avanços em Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) e Inteligência Artificial (IA), utilizando aplicativos baseados nestas tecnologias para melhorar a eficiência da produção e reduzir a manutenção não planejada.

A IoT consiste no uso de sensores, Internet e sistemas de informação para conectar objetos físicos e digitais (FARQUHARSON; MAGETO; MAKAN, 2021). Essas conexões vão transformar a forma como os produtos são manufaturados, as necessidades dos compradores e a forma de criar, mensurar e analisar os dados.

Kozma e Varga (2020) afirmam que há uma crescente necessidade por inovações tecnológicas, e os sistemas de IoT podem ajudar nesse processo.

1.1 Problema

Como resposta à necessidade do aumento da agilidade e da flexibilidade, a Gestão da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management* - SCM) vem se mostrando até então como uma importante abordagem gerencial. Pires (2016) ressalta que a SCM despontou há pouco mais de 30 anos de forma não estruturada como uma busca das empresas por mais competitividade, e acabou se expandindo e se fortalecendo de forma globalizada. Através da SCM, as organizações vêm desenvolvendo diferenciais que vão desde novas formas de gerenciar e desenvolver seus negócios, inovações

tecnológicas e de materiais, novas formas de relacionamento com os clientes e diferentes estratégias de *marketing*.

Barreto, Amaral e Pereira (2017) afirmam que as mudanças estão ocorrendo não só na indústria, como também na sociedade, na economia e nas operações de trabalho, influenciando assim a forma como as empresas serão gerenciadas. Hoffmann *et al.* (2019) complementam citando a necessidade das empresas, diante dos impactos proporcionados pelas mudanças, de repensarem suas operações. Pandey *et al.* (2020) citam um novo tempo de manufatura conectada e inteligente, produtos e serviços sob medida e CS responsivas.

Kotler, Kartajaya e Setiawan (2017) afirmam que a Internet foi uma das responsáveis por proporcionar maior transparência e conectividade. Não só a Internet, mas também outras tecnologias vêm proporcionando as alterações na forma das empresas desenvolverem seus produtos e negócios, em especial às destacadas como habilitadoras para a Indústria 4.0 – entre elas, a Internet das Coisas, Inteligência Artificial, *Blockchain*, Manufatura Avançada, *Big Data* e Robótica Avançada (SCHWAB, 2016; HOFFMANN *et al.*, 2019).

Diversos estudos vêm sendo realizados sobre a implantação das tecnologias de Indústria 4.0 em diferentes setores e regiões do país.

Dallasega (2018) utiliza o termo cadeias de suprimentos digital para se referir ao aumento da automação e da digitalização no setor industrial. Já Hoffmann *et al.* (2019) utilizam o termo SCM 4.0 fazendo referência ao gerenciamento dos fluxos da SCM (informações, materiais e financeiros) realizados de forma automatizada e com o emprego de tecnologias digitais.

Unal *et al.* (2021) citam a Indústria 4.0 como uma alavanca da competitividade por meio do uso das tecnologias que têm o potencial de melhorar a colaboração nas cadeias de suprimentos e o seu desempenho, enfatizando a IoT como crucial para o processo.

Assim, entre diferentes tecnologias que compõem o escopo da Indústria 4.0, esta pesquisa focou na IoT. Para Colli *et al.* (2021), a tecnologia atua como espinha dorsal para a Indústria 4.0 e é muito importante para o suporte da SCM. Já para Fatorachian e Kazemi (2021), a IoT é o centro de conectividade para se obter dispositivos, processos e sistemas inteligentes.

Nesse contexto, observa-se a seguinte questão: como avaliar o nível de aproveitamento dos benefícios decorrentes do uso da tecnologia IoT em apoio aos processos de negócio da Gestão da Cadeia de Suprimentos?

1.2 Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa foi o de desenvolver um modelo para avaliar o nível de aproveitamento dos benefícios decorrentes do uso da tecnologia IoT em apoio aos processos de negócio da Gestão da Cadeia de Suprimentos.

Baseado no objetivo geral estabelecido, foram definidos os seguintes objetivos específicos para esta pesquisa:

- Apresentar as discussões atuais e relevantes sobre SCM e sobre o modelo SCOR;
- Analisar as contribuições e os desafios do uso da IoT na SCM que podem influenciar a decisão de implantar ou não a tecnologia através de uma revisão sistemática;
- Desenvolver o modelo com base nos estudos realizados.

1.3 Justificativa

A SCM está baseada na integração dos elos da cadeia de um determinado produto, desde a sua matéria prima inicial até o consumidor final. Essa integração permite maior eficiência no fluxo de produtos e informações, mas demanda um grande investimento para sua aplicação em razão da exigência de mudanças na forma de gestão das organizações envolvidas e da necessidade de investimentos em tecnologia da informação para uniformizar, agilizar e garantir o fluxo de informações (PIRES, 2004; VIVALDINI; PIRES, 2010). Mudanças no campo organizacional geradas pelo advento da Indústria 4.0 irão demandar novas atitudes por parte das organizações. Segundo Corrêa (2019), as tecnologias estão evoluindo muito rápido, dificultando assim que as empresas se mantenham atualizadas em todas as áreas.

Frazzon *et al.* (2019) afirmam que, apesar de haver várias iniciativas, ainda é insuficiente o número de estudos realizados sobre o uso de tecnologias da indústria 4.0 em SCM. Já Wu, L. *et al.* (2016) mencionam a necessidade de mais estudos na literatura de CS envolvendo os desafios da gestão e implantação da Indústria 4.0 na SCM.

Chauhan e Singh (2019) complementam que as empresas estão constantemente tentando se adaptar às mudanças do mercado em termos de variedade de produtos, flexibilidade dos sistemas produtivos e redução de *lead-times*. Tecnologias como a Computação em Nuvem, *Big Data*, Inteligência Artificial, Internet das Coisas e Impressão 3D estão sendo utilizadas para tornar os processos produtivos mais competitivos (CHAUHAN; SINGH, 2019).

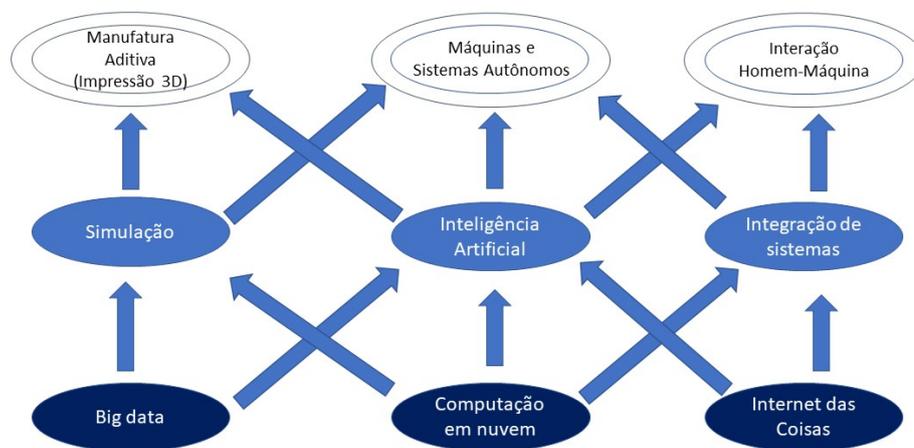
Com tamanhas alterações, o processo produtivo e a forma como as empresas se relacionam também devem sofrer alterações, o que irá impactar na forma como se realiza atualmente a SCM (CHAUHAN; SINGH, 2019; STANK *et al.*, 2019; QUEIROZ; FOSSO WAMBA, 2019; HOFFMAN *et al.*, 2019).

Segundo o IEL (2018a), o desenvolvimento tecnológico vai transformar os conceitos referentes ao sucesso competitivo com o uso de tecnologias, que vão desde tecnologias digitais (como Impressão 3D e Internet das Coisas), passando por novos

materiais e também por novos processos (como a inteligência artificial e a produção baseada em dados), conforme apresentado na Figura 1.

Tran-Dang e Kim (2021) apresentam a IoT como uma importante solução no apoio a atividades logísticas como transporte, gerenciamento da armazenagem e entregas. Tal afirmação é evidenciada por Farquharson, Mageto e Makan (2021) ao citarem que a IoT foi fonte de mudanças na forma como a logística opera nas indústrias. A tecnologia se destaca como uma das principais tecnologias da Indústria 4.0 devido a sua capacidade de integrar as esferas física e digital no ambiente industrial, também chamado de Internet das Coisas Industrial (*Industrial Internet of Things – IIoT*), resultando em máquinas, produtos e serviços inteligentes (NOZARI *et al.*, 2021b).

Figura 1: Aplicações Industriais das Tecnologias Digitais



Fonte: Adaptado de IEL (2018a, p. 9)

Segundo Fatorachian e Kazemi (2021), a IoT pode melhorar significativamente a SCM. Porém, de acordo com Jahani *et al.* (2021), as organizações precisam entender como as tecnologias vão agregar valor e proporcionar os benefícios necessários, surgindo assim a dúvida sobre a implementação das tecnologias.

Em pesquisa ao Catálogo de Teses e Dissertações da Capes e à Biblioteca Digital de Teses e Dissertações, observa-se que algumas pesquisas relacionadas ao tema pesquisado já foram realizadas.

Guerhardt (2019) desenvolveu um *framework* para auxiliar as empresas a adotarem a IoT na conexão da SCM. Franco (2021) elaborou um modelo para aplicar as tecnologias 4.0 e suas possíveis consequências, envolvendo IoT em pequenas e médias empresas do setor moveleiro. Já Matana *et al.* (2019) definiram um modelo de avaliação do grau de aderência dos equipamentos de logística interna ao conceito de Sistemas Ciber Físicos para a Indústria 4.0.

Tais pesquisas se destacam pelos aspectos técnicos da implantação das tecnologias nos processos, o que as diferencia do modelo proposto nesta pesquisa, que está direcionada a investigar a influência da IoT no campo gerencial.

Alves (2021) apresenta um estudo exploratório baseado na utilização de tecnologias, em especial Big Data e Inteligência Artificial (IA), para obter a melhoria de processos. Já Verri (2020) analisou os papéis da IoT entre a estratégia e o desempenho da gestão da cadeia de suprimentos e da empresa. Apesar dos aspectos mais gerenciais, o foco das pesquisas acima mencionadas não é o mesmo aqui proposto, e o meio de análise não envolve o modelo SCOR.

Durante a pesquisa bibliográfica em artigos, alguns estudos usando o modelo SCOR foram encontrados, entre eles a pesquisa de Yadav, Garg e Luthra (2020), que desenvolveram um modelo de medição de desempenho da CS agrícola com base em IoT, utilizando para isso a segunda camada de indicadores do modelo SCOR. Apesar do uso do modelo como referência, o escopo, o método e o objetivo se diferenciam desta pesquisa – assim como Dweekat, Hwang e Park (2017), cujo estudo tem como objetivo determinar como a tecnologia IoT pode melhorar os Indicadores de Performance da SCM utilizando como base o modelo SCOR.

Abdel Basset, Manogaran e Mohamed (2018) desenvolveram um sistema para utilizar a IoT na SCM, checando em sua revisão bibliográfica contribuições da IoT para os processos-chave do SCOR com o objetivo de propor a tecnologia. Esta pesquisa também levantou as contribuições da IoT para os processos-chave do SCOR, porém o método utilizado foi diferente. Nesta pesquisa, foi utilizada a revisão sistemática de literatura de artigos mais atuais, com o objetivo de desenvolver um modelo de análise de influência – e não como aplicar a tecnologia.

Assim, esse estudo se justifica por desenvolver um modelo que poderá auxiliar os gestores a obter informações de forma simples e prática que irão auxiliar na decisão sobre o uso da IoT, importante tecnologia da Indústria 4.0, na SCM.

1.4 Proposições

Segundo O'Brien e Marakas (2013), os gerentes possuem muitos desafios e oportunidades a serem analisados para gerenciar com eficiência os sistemas e as tecnologias da informação (TI).

Os planos e estratégias de TI devem ser desenvolvidos para suportar a estratégia e os objetivos do negócio (O'BRIEN; MARAKAS, 2013). Para Turban e Volonino (2013), quando as estratégias organizacionais mudam, as estratégias de TI precisam mudar com ela. As decisões tomadas com relação aos projetos de sistemas de informação (SI) e TI devem estar em consonância com as necessidades de toda a empresa.

Ao falar de estratégia e desempenho em SCM, Lambert, Cooper e Pagh (1998) afirmam que a melhor forma de a empresa atingir melhores resultados é coordenando as atividades em processos-chave de negócios. Segundo Fatorachian e Kazemi (2021), a IoT é um conector, um facilitador chave para todos os processos, dispositivos e sistemas inteligentes.

Assim, a primeira proposição verificada durante a pesquisa é que a IoT pode ser aplicada em todos os processos-chave da SCM.

Ao mencionar os objetivos estratégicos proporcionados pelo uso das tecnologias da Indústria 4.0 na SCM, Lu (2017), Koh, Orzes e Jia (2019), Sacomano *et al.* (2018), Oztemel e Gursev (2018) e Kozma e Vargas (2020) mencionam que a implementação da Indústria 4.0 está alicerçada em seis princípios: a interoperabilidade, a virtualização, a descentralização, a capacidade em tempo real, a orientação de serviços e a modularidade.

Weibhuhn e Hoberg (2021) citam que a IoT pode identificar e reconhecer as mudanças em diferentes fatores, como materiais, preço e qualidade. Fatorachian e Kazemi (2020) afirmam que o acesso em tempo real e a conectividade permitem uma visibilidade avançada. Já Farquharson, Mageto e Makan (2021) apontam que o uso da IoT pode proporcionar diferentes benefícios como melhores práticas, redução de custos, maior transparência e redução de riscos.

Assim, a segunda proposição verificada na pesquisa foi que a IoT pode contribuir de diferentes formas para cada processo de negócio chave.

1.5 Metodologia

A pesquisa realizada se classifica como exploratória e aplicada.

Para o desenvolvimento da pesquisa foram selecionadas como procedimentos metodológicos a revisão sistemática de literatura e o estudo de caso.

A revisão sistemática foi selecionada por ser uma base para as novas ideias (LAKATOS; MARCONI, 2010). Após a revisão foi realizado o estudo de caso, que segundo Yin (2015) pode ser utilizado para iluminar uma decisão e para generalizar uma teoria.

Para a revisão sistemática da literatura foi utilizada a base de dados da SCOPUS, por incluir as principais revistas das áreas da Administração e da Tecnologia da Informação internacionais.

O estudo de caso foi realizado em uma empresa do setor industrial que utiliza IoT e que gerencia sua cadeia de suprimentos por meio dos princípios da SCM.

1.6 Delimitações da Tese

A pesquisa realizada envolveu a intersecção de dois grandes temas relevantes e que precisam ser delimitados para a conclusão do projeto dentro do prazo determinado, e que em outro momento pode ser expandida.

Os grandes temas que vão delinear a pesquisa são Gestão da Cadeia de Suprimentos e Internet das Coisas.

Segundo Pires (2016), o estudo da SCM envolve três grandes eixos de abrangência: processos de negócios, tecnologias e pessoas.

Este estudo tem como base principal o eixo das tecnologias, que será analisado sob o foco de sua aplicabilidade nos processos de negócio. Apesar de sua importância para o mundo corporativo e o sucesso da implementação da tecnologia IoT na SCM, o eixo de pessoas não faz parte do objetivo geral desta pesquisa.

Com relação aos processos-chave de negócio, dois grandes modelos norteiam a literatura na área: o modelo desenvolvido por Lambert e Cooper e o modelo SCOR. Apesar da relevância de ambos os modelos, nesta pesquisa foram observados os principais processos do modelo SCOR, selecionados por serem muito utilizados pelas empresas e também pela sua aderência ao modelo a ser desenvolvido.

Schwab (2016) cita que a Quarta Revolução Industrial se caracteriza pela mobilidade de acesso à Internet, sensores muito mais sensíveis, poderosos e baratos, e por avanços substanciais em inteligência artificial e *machine learning* (aprendizado de máquina). Hoffman *et al.* (2019) afirmam que entre várias tecnologias da Indústria 4.0 se incluem a Internet das Coisas, os Sistemas Ciber Físicos, Computação em Nuvem e a Inteligência Artificial. Xie *et al.* (2020) destacam as tecnologias Internet das Coisas, a Inteligência Artificial e os Sistemas Ciber Físicos como hábeis a prover qualidade e eficiência aos processos da SCM. Baseada nas tecnologias que mais se destacaram entre os autores mencionados, O'Brien e Marakas (2013) afirmam que o sucesso de um negócio em um ambiente dinâmico depende de maximizar o uso das tecnologias

baseadas na Internet e em SI via internet para atender clientes e outros *stakeholders*. Colli *et al.* (2021) afirmam que a IoT é espinha dorsal para a Indústria 4.0. A tecnologia selecionada como foco da pesquisa foi a Internet das Coisas, e o estudo em questão engloba o seu uso combinado a outras tecnologias.

A análise das tecnologias se deu sob a perspectiva da Gestão Empresarial, entendendo sua contribuição para as organizações e processos e não contemplando aspectos técnicos de sua implantação.

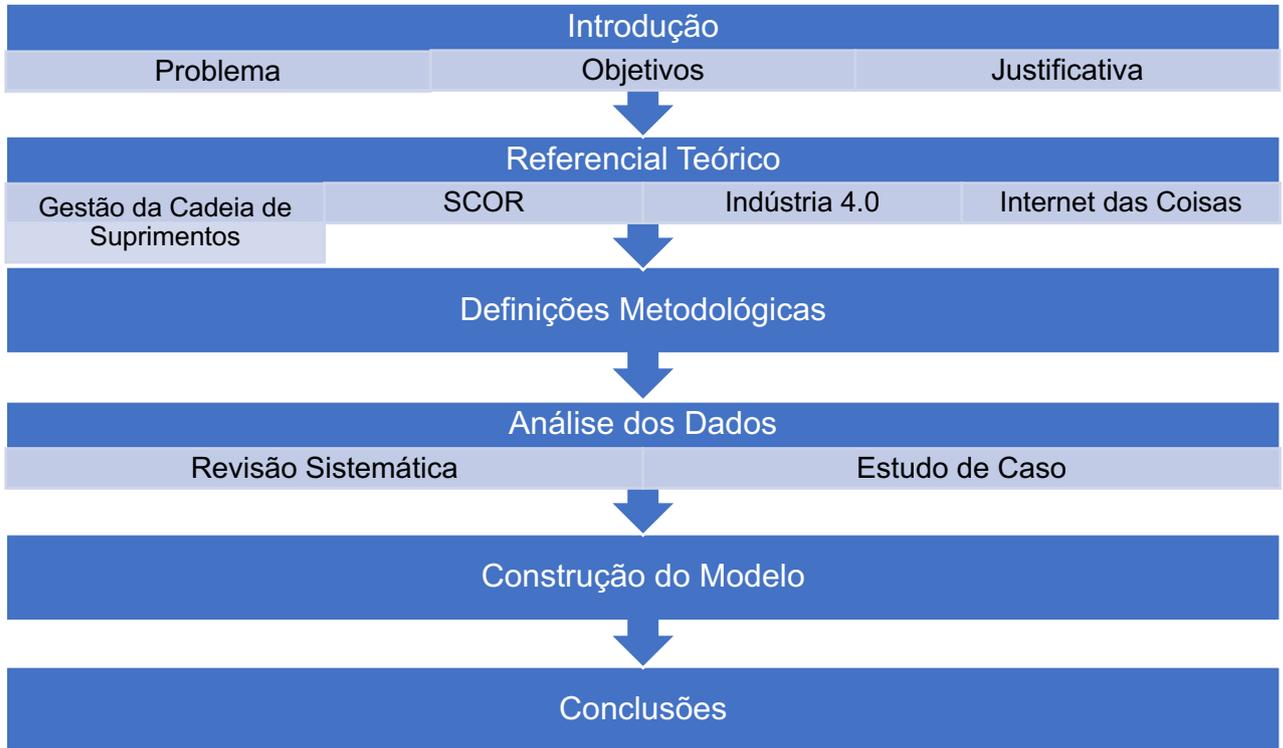
1.7 Estrutura da Tese

Para atingir o objetivo proposto, a tese foi estruturada em seis capítulos. Inicialmente, o primeiro capítulo apresenta os aspectos gerais que norteiam toda a pesquisa, incluindo o problema da pesquisa, seus objetivos e aspectos metodológicos. O segundo capítulo é dedicado à pesquisa bibliográfica sobre os temas utilizados na pesquisa, ou seja, a Gestão da Cadeia de Suprimentos, o modelo SCOR, Indústria 4.0 e Internet das Coisas, facilitando o entendimento sobre os assuntos, o conhecimento do seu desenvolvimento no campo da pesquisa e de todos os aspectos relevantes que servirão de base para o desenvolvimento do modelo proposto.

Na sequência, o terceiro capítulo apresenta os aspectos metodológicos utilizados para a construção do modelo objeto da pesquisa. O quarto capítulo é dedicado à demonstração dos dados coletados na revisão sistemática da literatura sobre as conexões dos assuntos SCM e Internet das Coisas, seguida das informações apresentadas no estudo de caso realizado em uma empresa do setor Industrial que utiliza Internet das Coisas. O quinto capítulo demonstra o processo de construção do modelo e sua apresentação, e no sexto e último capítulo são apresentadas as conclusões e propostas de pesquisas futuras, seguido das referências que foram utilizadas durante todo o processo de pesquisa.

Os passos para a realização da pesquisa são apresentados de forma resumida na Figura 2.

Figura 2 - Representação dos Passos da Pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O modelo desenvolvido neste trabalho tem como foco a Influência das IoT na Gestão da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management – SCM*), sendo necessário para seu desenvolvimento entender os conceitos que embasaram a pesquisa e análises. No referencial teórico do trabalho foram abordados os assuntos relevantes para a pesquisa relacionados a SCM, ao modelo SCOR (*Supply Chain Operations Reference Model*), Indústria 4.0 e Internet das Coisas.

2.1 Supply Chain Management

A SCM começou a ser amplamente discutida nos anos 1980, porém não é possível determinar um marco inicial para sua formulação (PIRES, 2016). Essa nova forma de estratégia gerencial, segundo Pires (2016), foi estabelecida pelas empresas e depois passou a ser estudada pelo meio acadêmico com o objetivo de aumentar a competitividade, a oportunidade de reduzir custos e aumentar o valor dos produtos.

Segundo Christopher (2018), CS é um conjunto de empresas conectadas e interdependentes que trabalham de forma cooperada para gerenciar e controlar os fluxos de materiais, assim como o de informações que perpassam por todas as organizações até chegar ao cliente final.

Pires (2016) apresenta a definição dada pela APICS *Supply Chain Council* (APICS SCC), segundo a qual uma CS é composta pelos processos que ligam as empresas desde a matéria-prima inicial até o produto pronto para consumo, incluindo fornecedores e clientes. Pode ser considerada também um conjunto de três ou mais organizações ou indivíduos envolvidos em fluxo do fornecedor a um consumidor, envolvendo finanças, serviços e produtos, definição apresentada por Ellram e Cooper

(2014). Também pode ser denominada de redes de abastecimento, termo utilizado por Ellram e Cooper (2014) e Slack (2006).

Com o objetivo de descrever e identificar os membros da CS, alguns autores apresentam diferentes propostas que se tornam complementares e são apresentadas no item 2.1.1.

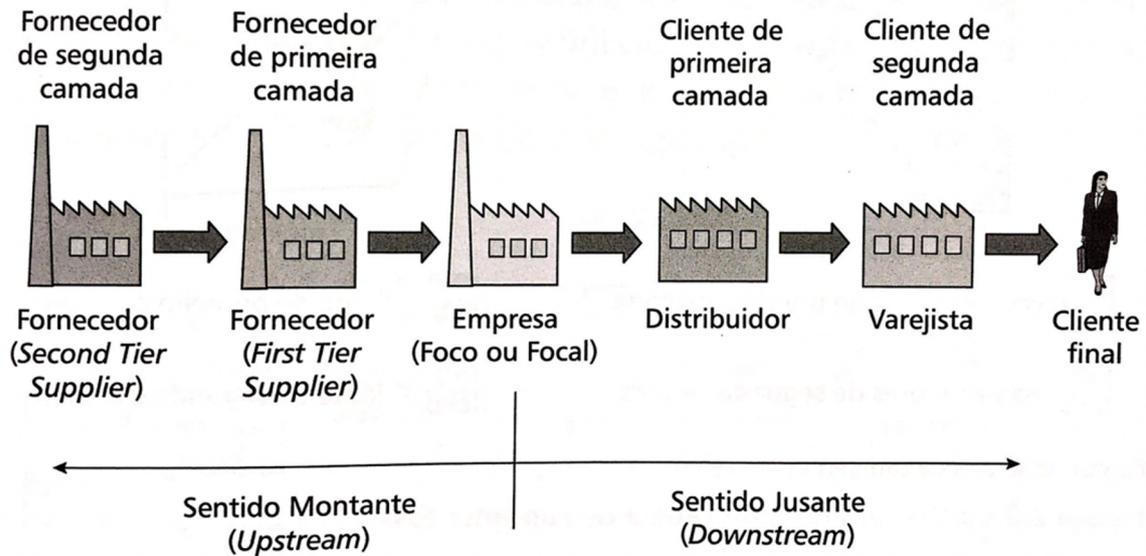
2.1.1 Formas de análise e representação

Segundo Cooper, Lambert e Pagh (1997), a CS pode ser definida de acordo com a quantidade de empresas que pertencem a ela. Para a visualização de uma CS, as empresas são identificadas a partir de uma empresa foco, a partir da qual surge a iniciativa da análise (SLACK *et al.*, 1996; PIRES, 2004).

A Figura 3 representa uma CS na qual, a partir de uma empresa foco, são demonstrados seus fornecedores (*first tier suppliers*) e clientes com os quais se relacionam diretamente, assim como os fornecedores dos fornecedores (fluxo no sentido montante – *upstream*) e clientes de clientes (fluxo no sentido jusante – *downstream*), até chegar ao consumidor, metodologia apresentada em Pires (2016) e também utilizada por Slack (2006).

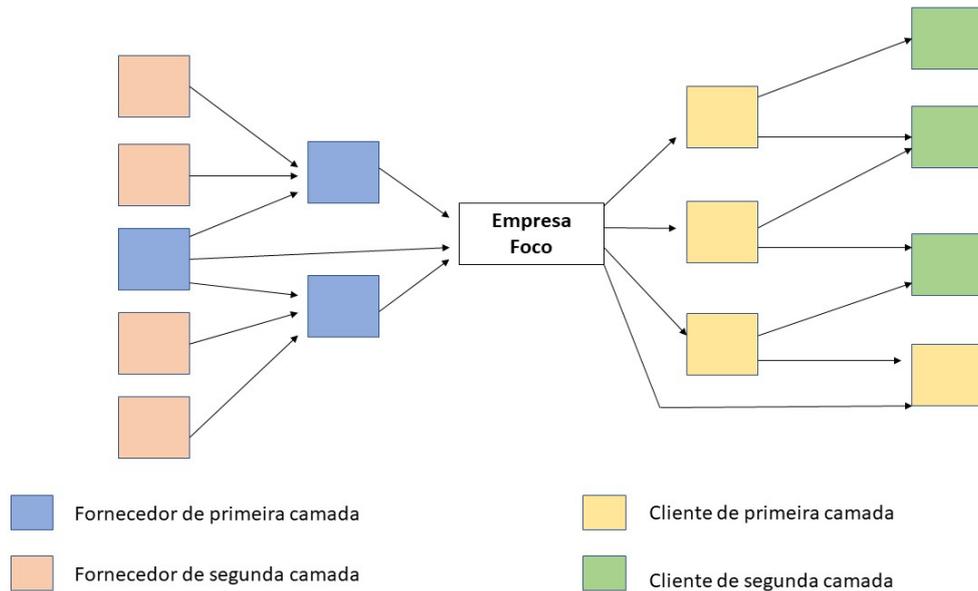
Lambert, Cooper e Pagh (1998) descrevem a estrutura de uma CS com base na Figura 4, apresentando uma análise a ser realizada em três dimensões estruturais: a estrutura horizontal em que é verificado o número de níveis da CS; a estrutura vertical em que é avaliado o número de empresas em cada nível da CS; e a posição da empresa, foco que é a determinação da posição horizontal da empresa foco na CS.

Figura 3 - Representação da Cadeia de Suprimentos



Fonte: Pires (2016.p.37)

Figura 4 - Estrutura de uma Cadeia de Suprimentos



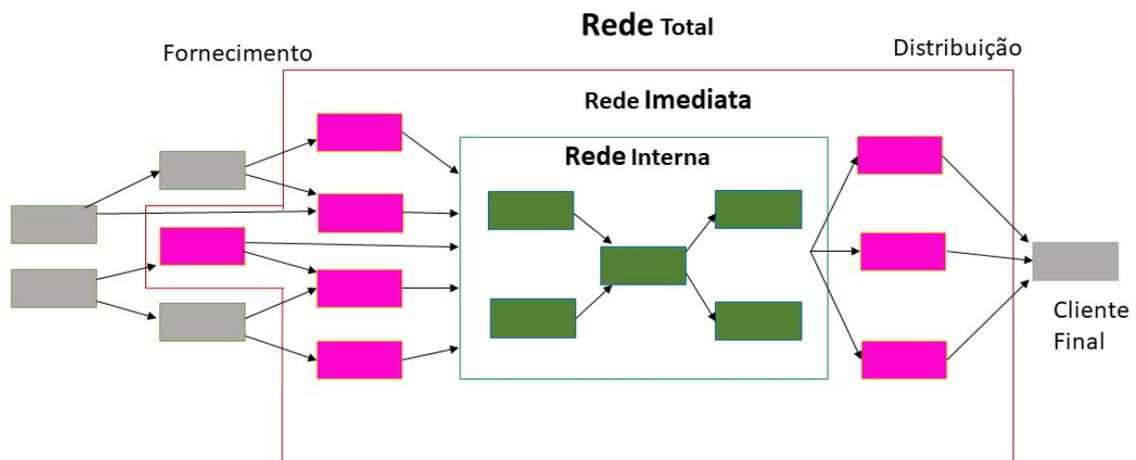
Fonte: Adaptada de Lambert, Cooper e Pagh (1998) em Pires (2016, p.38)

Para Lambert, Cooper e Pagh (1998) e Pires (2016), identificar essa estrutura é essencial para analisar e gerir a CS, assim como classificar os seus membros em primários e de apoio para auxiliar a determinar os membros críticos da CS e tornar redes complexas mais facilmente gerenciáveis. Os membros primários são aqueles que agregam valor ao produto ou serviço, os membros de apoio são os que fornecem

materiais e serviços de suporte que não agregam valor ao produto final (LAMBERT; COOPER; PAGH, 1998; PIRES, 2016).

Já Slack (1996) divide a SC em três níveis: a cadeia interna, composta pelos fluxos internos à empresa; a cadeia imediata, formada por fornecedores e clientes de primeira camada; e a cadeia total, constituída de todas as camadas, como ilustra a Figura 5.

Figura 5 - Cadeia Interna, Imediata e Total



Fonte: Adaptada de Slack (1993, p.156)

Diferentes formas de análise e desenho da CS são necessárias para obter uma visão da complexidade de suas relações diretas e indiretas, o que para Lambert e Enz (2017) é o ponto de partida para o aumento da comunicação entre empresas e entre os departamentos internos, facilitando a análise e implantação dos processos. Segundo os autores, além do papel de facilitar a implantação dos processos e a comunicação, o mapeamento da CS deve ser utilizado para identificar vínculos críticos, gerenciar oportunidades de melhorias internas e externas, apoiar o gerenciamento de riscos e discussões de sustentabilidade.

A partir das definições iniciais apresentadas, vários autores como Cooper, Lambert e Pagh (1997), Lambert, Cooper e Pagh (1998) e Croxton *et al.* (2001) passaram a realizar pesquisas e definir níveis de relacionamentos entre as empresas envolvidas

na CS, assim como estabelecer melhores práticas para o desenvolvimento desses relacionamentos.

O foco de estudar os relacionamentos está em estabelecer novas formas de colaboração entre os elos. Bowersox, Closs e Cooper (2014) afirmam que a colaboração tem o objetivo de melhorar a eficiência operacional e o posicionamento estratégico. Assim, as operações da CS passam a exigir processos gerenciais que atravessam as fronteiras organizacionais e áreas funcionais, conectando fornecedores, parceiros comerciais e clientes, desde a compra inicial de material até a entrega de bens e serviços. Surge então a SCM.

Segundo Ellram e Cooper (2014), Asgari *et al.* (2016), Pires (2016) e Swanson *et al.* (2018), a primeira publicação sobre o tema foi realizada por dois consultores, Oliver e Weber, em 1982, apresentando a SCM como uma resposta das empresas à necessidade dos consumidores de maior agilidade e flexibilidade.

Autores como Amato Neto (2000) e Pires (2016) relacionam o *keiretsu* ao início da ideia central da SCM. O *Keiretsu*, segundo Pires (2016), está relacionado ao movimento de empresas japonesas que desenvolveram relações diferenciadas de parcerias com seus fornecedores. O sistema de relacionamento organizado auxiliava o bom funcionamento da CS e envolvia uma participação acionária cruzada entre empresas do mesmo conglomerado. Tais questões evoluíram com a Toyota em um relacionamento de empresas mães e empresas filhas que compartilhavam mão-de-obra, materiais e capital.

Na mesma linha, Cooper, Lambert e Pagh (1997) citam o aparecimento do conceito de SCM em meados da década de 1980, cujos pressupostos fundamentais são significativamente mais antigos, da década de 1960, incluindo gestão de operações interorganizacionais e o compartilhamento de informações.

Após pesquisas iniciais, o aumento de interesse sobre a SCM se deu nos anos 1990, impulsionado pelo número cada vez maior de empresas menos verticalizadas e mais especializadas, a exigência de fornecedores de alta qualidade a um baixo preço, o aumento da competição – tanto no mercado doméstico como internacional – e o

entendimento de que o desempenho de apenas um elo não é suficiente para garantir a competitividade (LUMMUS; VOKURKA, 1999; PIRES, 2016).

O seu surgimento e crescimento se deu devido a mudanças significativas na gestão empresarial com o aumento da competitividade, gerando assim a concorrência entre redes e a necessidade de integrar a rede de relações comerciais da empresa para garantir o sucesso de um negócio (LAMBERT; COOPER; PAGH, 1998). Para Bowersox, Closs e Cooper (2014), uma mudança significativa com relação à gestão empresarial é que as empresas entraram na era da concorrência entre redes e não competem mais sozinhas, mas dependem da capacidade de conseguir gerenciar sua rede comercial para obter o sucesso.

Segundo Sweeney, Grant e Mangan (2018), a definição de SCM mais citada pela literatura é do *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP, 2016), que engloba o planejamento e a gestão de diferentes atividades como compras, logística e conversão, envolvendo a coordenação e a colaboração com parceiros de canal, que podem ser fornecedores, intermediários, provedores de serviços terceirizados e clientes. Já Pires (2016) apresenta a SCM como uma nova forma de estratégia gerencial que surgiu no meio empresarial, passando a ser posteriormente estudada pelo meio acadêmico com o objetivo de aumentar a competitividade das organizações através da oportunidade de reduzir custos e aumentar o valor dos produtos.

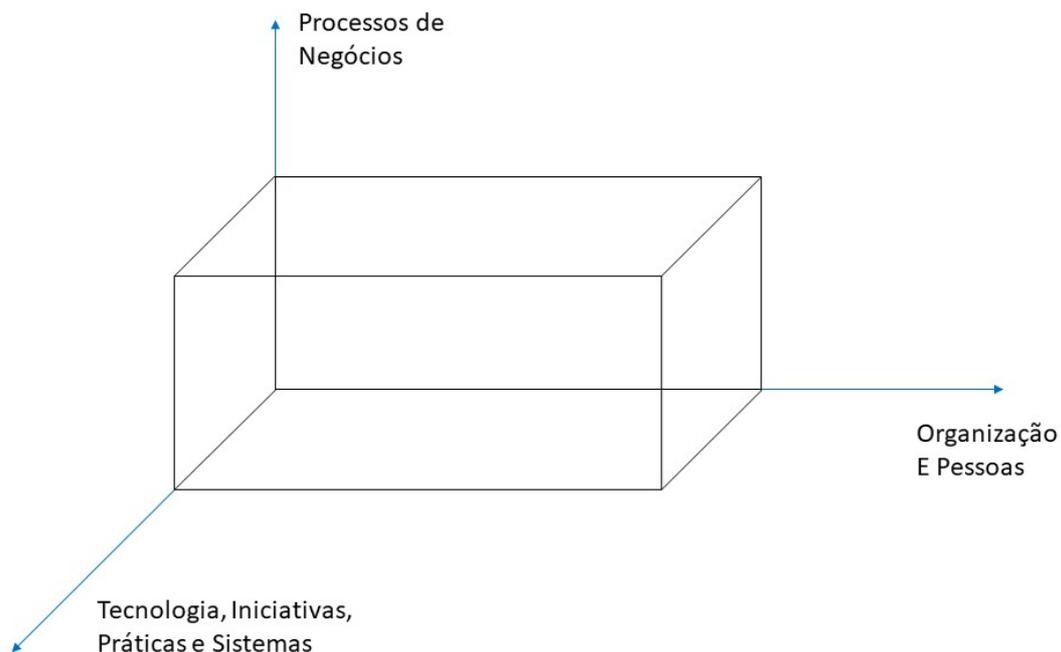
Para Cooper, Lambert e Pagh (1997), SCM é definida como a integração dos processos de negócios em toda a CS que fornece produtos, serviços e informações com o objetivo de agregar valor aos clientes, definição compartilhada em Lambert, Cooper e Pagh (1998) e alinhada ao objetivo da SCM proposto por Pires (2016).

Lambert, Cooper e Pagh (1998) enfatizam ainda a importância da rede de múltiplas empresas e relacionamentos, em que a SCM tem a oportunidade de proporcionar sinergia e integração inter e intra organização. Visão reforçada por Lambert e Enz (2017), que enfatizam a importância da gestão dos relacionamentos e afirmam que as organizações que melhor o fizerem irão obter maior competitividade.

Segundo Ellram e Cooper (2014), a base da SCM está no comportamento colaborativo com o objetivo de conseguir atender ao cliente de forma eficiente e no menor custo possível. Bowersox, Closs e Cooper (2014) acrescentam como resultado do comportamento cooperativo a possibilidade de reduzir riscos e aumentar a eficiência de todos os processos, eliminando os trabalhos duplicados e improdutivos, aumentando a velocidade, confiabilidade, flexibilidade, custos e qualidade, além de outros benefícios estratégicos. Corrêa (2019) complementa que a SCM permite uma distribuição melhor das atividades entre os elos de acordo com a competência que cada um tem para realizá-las.

Para entender melhor o seu funcionamento, alguns autores propuseram diferentes formas de análise. Pires (2016) apresenta o escopo da SCM envolvendo três eixos de abrangência, demonstrados na Figura 6.

Figura 6 - Eixos de Atuação da SCM



FONTE: PIRES (2016, P.61)

O primeiro eixo são os processos de negócios, que representam os processos efetivamente executados na CS; o segundo é composto pelas tecnologias, práticas e sistemas, que representam as tecnologias e meios que viabilizam os processos de negócios; e o terceiro, a organização e pessoas, contemplam o pessoal e a estrutura

organizacional que devem viabilizar a aplicação dos processos anteriormente mencionados (PIRES, 2016).

Tais análises são necessárias para a SCM atingir o seu objetivo. Para Lambert, Cooper e Pagh (1998), o objetivo da SCM é maximizar a rentabilidade e aumentar a competitividade da CS. Derwik e Hellström (2017) citam que a competência na SCM leva a alcançar melhor desempenho, enquanto Bowersox, Closs e Cooper (2016) mencionam a melhoria operacional e financeira dos negócios. Gao, Z. *et al.* (2018) enfatizam os ganhos em melhor eficiência nos fluxos das mercadorias e redução de fraudes, e Croxton *et al.* (2001) na redução de custos, aumento da qualidade e agilidade nas operações. Cooper, Lambert e Pagh (1997) complementam a lista com a redução de estoques na CS. Para Ellram e Cooper (2014), os fatores da SCM que podem ajudar as empresas a se tornarem mais competitivas são a transparência de informações, segmentação dos fornecedores, serviço ao consumidor, princípios enxutos, qualidade, melhoria na comunicação segmentação e gerenciamento de inventário.

O valor percebido pelo cliente resulta da sinergia de cinco fluxos realizados entre as empresas da CS: de informação, de produto, de serviço, financeiro e de conhecimento (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2014). Lee *et al.* (2018) mencionam a importância das funções de logística, operações e gestão de materiais, marketing, compras e tecnologia para gerar melhor desempenho e qualidade, gerando assim uma vantagem competitiva.

Pires (2016) e Zhu, Shah e Sarkis (2018) apresentam quatro dimensões competitivas presentes no mundo industrial: o custo, a qualidade, o desempenho das entregas (*delivery performance*) e a flexibilidade. Christopher e Towill (2002) valorizam a agilidade – apresentando como uma característica da organização ágil – e a flexibilidade. A flexibilidade está associada à capacidade de uma organização em identificar e responder a mudanças dinâmicas e riscos do mercado (CHRISTOPHER; TOWILL, 2002), enquanto a agilidade está vinculada à habilidade de atender picos de demandas e prazos cada vez mais curtos exigidos pelos clientes (CHRISTOPHER, 2000). Para uma CS ágil e flexível, o pré-requisito, segundo Christopher (2000), é a

necessidade de um alto nível de conectividade entre as empresas, o que pode se tornar mais difícil e complexo quando as empresas crescem.

A importância da parceria e do relacionamento de longo prazo na CS é abordado por Cooper, Lambert e Pagh (1997), Christopher (2000), Bowersox e Closs (2001) e Pires (2016). Os relacionamentos cooperativos auxiliam a dirimir os riscos e melhorar a eficiência na SCM, além de reduzir atividades duplicadas e que não agregam valor (BOWERSOX; CLOSS, 2001).

Os relacionamentos na CS são melhor discutidos na seção 2.1.2.

2.1.2 Relacionamentos na CS

Segundo Lambert, Cooper e Pagh (1998), o relacionamento de longo prazo entre os elos de uma CS exige mais do que apenas relações de confiança. É preciso ter comprometimento e alinhamento estratégico entre as partes, metas bem estabelecidas, recursos humanos e financeiros que sustentem a parceria de longo prazo, um sistema de avaliação de desempenho claro e um certo grau de dependência mútua. Cooper, Lambert e Pagh (1997) citam que existem diversas formas de parcerias e formas de relacionamentos que podem ser adotadas pelas empresas pertencentes a uma CS, sendo que nem todas precisam estar envolvidas.

Dentre as diferentes formas de relacionamento, é possível enfatizar as mencionadas por Slack *et al.* (1996):

- a) Hierarquia Integrada – Quando uma única empresa possui todas as atividades da CS;
- b) Semi-hierarquia – Várias empresas pertencentes ao mesmo grupo integram a CS;

- c) Co-contratação – Existe uma parceria entre as empresas envolvendo a troca de tecnologias, mão-de-obra, bens e serviços;
- d) Contrato coordenado – É a relação duradoura entre um contratante e seus subcontratados, porém sem vínculos entre contratos;
- e) Elo de receita coordenada – Existe a transferência de propriedade de uma empresa para outras menores com a garantia de receita, como no licenciamento ou franquia;
- f) Comprometimento comercial de médio / longo prazo – Relacionamentos sem contratos formais, com a ocorrência de pedido programado e que se estendem por longo prazo entre as empresas;
- g) Comprometimento comercial de curto prazo – Não há nenhum compromisso ou relacionamento entre as partes envolvidas.

Já Pires (2004) menciona sete possíveis níveis de integração entre as empresas:

- a) Comercial: ocorrem relações comerciais simples entre empresas independentes;
- b) Acordos não contratuais: existem acordos informais entre as empresas para atingir um objetivo comum;
- c) Acordos via licença: as empresas assinam um contrato de cooperação multilateral;
- d) Alianças: participação em um negócio de empresas totalmente independentes;
- e) Parcerias: colaboração entre empresas independentes através da integração de processos e informações;

- f) *Joint Ventures*: um novo negócio é formado com a participação mútua de diferentes empresas;
- g) Integração vertical: uma mesma empresa desenvolve todos os processos da CS.

Independente da forma de classificação, apenas a integração dos processos internos ou o simples relacionamento de longo prazo entre as empresas já não é mais suficiente. Segundo Pires (2004), as empresas mais competitivas são aquelas que possuem os processos chave integrados a seus fornecedores e clientes.

Assim, alguns modelos conceituais foram desenvolvidos para facilitar o processo de integração. Em pesquisa realizada, Simon *et al.* (2015) identificam seis modelos conceituais de SCM, os quais reconhecem a importância dos processos de negócios. No entanto, Lambert e Ens (2017) afirmam que apenas dois dos modelos conceituais desenvolvidos têm condições para apoiar o desenvolvimento de pesquisas na área de SCM: o modelo de Cooper, Lambert e Pagh (1997) e o modelo desenvolvido pelo *Supply Chain Council* (SCOR). Lambert e Ens (2017) complementam que apenas os dois modelos são baseados em processos e possuem estrutura para serem implantados em grandes corporações: o modelo SCOR e o *Framework SCM*.

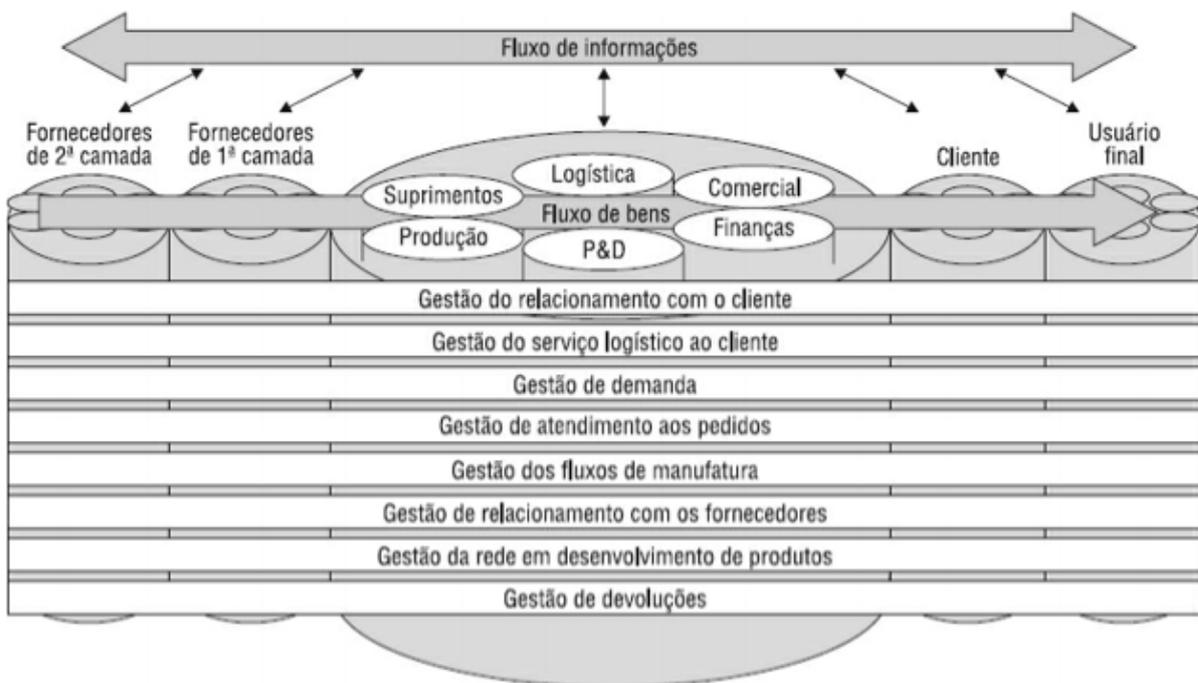
Segundo Corrêa (2019), um processo de negócio é um conjunto de atividades executadas de forma coordenada, com o objetivo de agregar valor para o cliente e não apenas focada em interesses locais. Os processos de negócios tiveram uma função inicial de integrar as funções dentro das empresas e acabaram extrapolando os limites funcionais dentro e fora das organizações, integrando os membros de uma CS.

O *Framework SCM*, também chamado de Modelo da Universidade do Estado de Ohio, foi mencionado pela primeira vez em Cooper, Lambert e Pagh (1997) com sete processos chave de negócios e passou por algumas transformações durante os anos, entre elas a inclusão do oitavo processo e a mudança de nomenclatura de dois processos chave de negócios, conforme representado na Figura 7.

Quando comparados, tanto o SCOR como o *Framework SCM* trabalham com o envolvimento multifuncional e afirmam que as funções corporativas não serão substituídas pelos processos empresariais. No entanto, o número de processos e o tipo de envolvimento são diferentes de acordo com cada modelo (LAMBERT; ENS, 2017).

Croxton *et al.* (2001) e Corrêa (2019) mencionam que o *Framework SCM* apresenta oito processos-chave para serem implementados dentro e entre as organizações da CS. Esses oito processos são executados em toda a extensão da CS através das empresas e seus silos funcionais (marketing, pesquisa e desenvolvimento, finanças, produção, compras e logística), como apresentado na Figura 7.

Figura 7 - Framework SCM



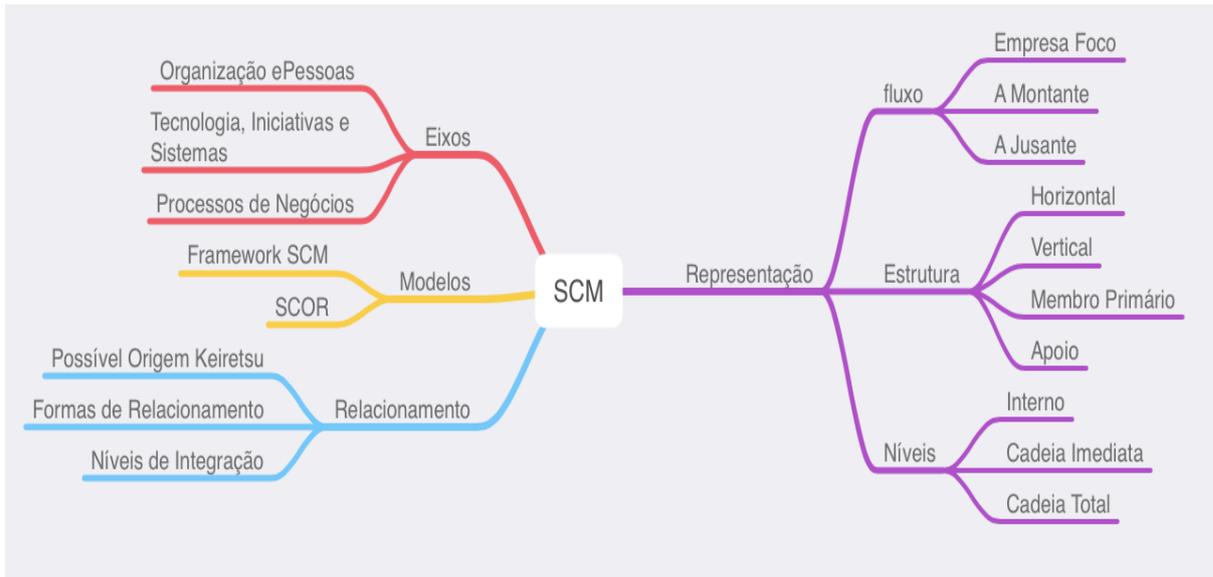
Fonte: Cooper, Lambert e Pagh (1997, p. 2) e Corrêa (2019, p. 185)

Para Lambert, Cooper e Pagh (1998), para que a SCM possa atingir seu melhor desempenho, é preciso coordenar as atividades primeiramente dentro da empresa, utilizando equipes multifuncionais para gerenciar os principais processos de negócios, e depois estendendo os mesmos aos seus fornecedores. Essas atividades estão

coordenadas em processos-chave de negócios estabelecidos no modelo *Framework SCM*. Pires (2016) e Corrêa (2019) apresentam cada um dos processos:

- a) **Gestão do Relacionamento com o Cliente:** é definida a estrutura de relacionamento com o cliente e sua manutenção. São definidos os clientes-chave, metas, formas de comunicação e níveis de serviço;
- b) **Gestão do Serviço Logístico ao Cliente:** está relacionado às atividades que gerenciam o nível de serviço ao cliente como disponibilidade, datas de entrega e assistência ao cliente em diferentes estágios de atendimento;
- c) **Gestão da Demanda:** Este processo busca balancear a demanda dos clientes e a capacidade das empresas, buscando reduzir incertezas, variabilidades e balancear estoques e fluxo dos materiais;
- d) **Gestão de Atendimento de Pedidos:** Busca conhecer os clientes e planejar a estrutura necessária para atender os requisitos por eles solicitados;
- e) **Gestão dos Fluxos de Manufatura:** Envolve a movimentação dos fluxos de produção e a manutenção da flexibilidade necessária para atender as necessidades dos clientes;
- f) **Gestão de Relacionamento com os Fornecedores:** É responsável por estabelecer as formas de relacionamento entre os elos da CS com o objetivo de alinhar as realidades e buscar uma relação ganha-ganha;
- g) **Gestão da Rede em Desenvolvimento de Produtos:** processo que cuida de gerenciar a estrutura da CS para desenvolver produtos e serviços alinhados às necessidades dos clientes e no menor tempo possível;
- h) **Gestão de Devoluções:** Cuida do gerenciamento dos retornos de materiais e de todo fluxo reverso na CS, assim como do controle de ativos reutilizáveis.

A Figura 8 apresenta de forma resumida os principais tópicos apresentados na seção.

Figura 8 - Mapa Mental SCM

Fonte: Elaborada pela autora

Por se tratar do modelo adotado como base para a pesquisa realizada, o modelo SCOR será detalhado a seguir no item 2.2.

2.2. O Modelo SCOR

O modelo SCOR - *Supply Chain Operation Reference Model* foi criado em 1996 pelo *Supply Chain Council* (SCC), posteriormente absorvido pela APICS SCC, uma organização global e sem fins lucrativos. Atualmente na versão 12.0 e mantido pela ASCM (*Association for Supply Chain Management*), o modelo SCOR foi desenvolvido para descrever e avaliar todas as atividades das empresas relacionadas à satisfação das necessidades e demandas dos clientes (APICS, 2017). Segundo Pires (2016), o objetivo é ser uma referência para descrever e avaliar uma CS, identificando oportunidades de melhorias no fluxo através das organizações.

Esse é um modelo que busca, através da identificação da CS, dos processos-chave e da elaboração de métricas padronizadas, demonstrar uma avaliação geral da CS da empresa, evidenciando os aspectos que devem ser melhorados. Segundo a ASCM (2020), a aplicação do SCOR proporciona melhorias globais na empresa, além de

agilizar a comunicação, auxiliar a empresa no levantamento e avaliação dos custos, identificar as expectativas dos clientes e as exigências estratégicas para alcançá-las, auxiliar no planejamento e gestão de riscos e no desenvolvimento de talentos.

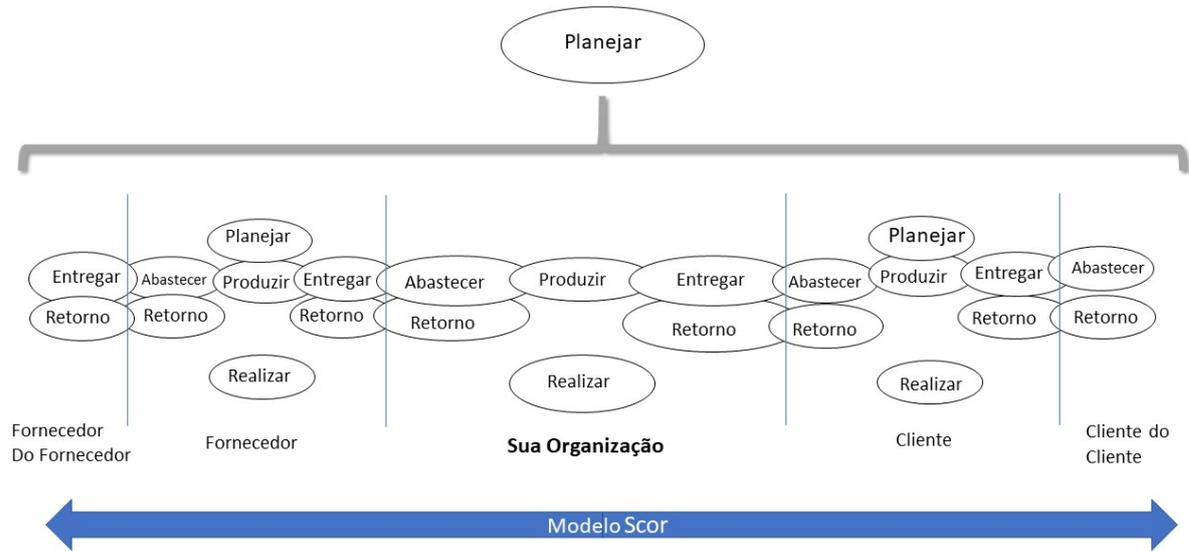
Para Reichardt e Nichols (2003), o modelo SCOR pode auxiliar o gestor da CS a transformar a visão estratégica em ações táticas que podem ser aplicáveis. O modelo inclui a interação entre empresas parceiras, envolvendo fornecedores dos fornecedores e clientes dos clientes, levantando aspectos como transações, equipamentos e demanda agregada e interações de mercado. Seu objetivo é identificar os processos que são chave para a CS e elaborar métricas que incluem performance, processos, boas práticas e pessoas.

O formato em que o modelo foi desenvolvido permite que o SCOR seja aplicado a empresas tanto do setor industrial como o de serviços (VON SIMSON *et al.*, 2014). Sua flexibilidade possibilita também a aplicação a uma empresa individual ou à CS, existindo inclusive um estudo desenvolvido por Fontes, Spiegel e Caulliraux (2008) de sua aplicação, com adaptações a apenas um setor de uma determinada organização. APICS (2017) afirma que o modelo pode ser utilizado desde uma CS muito simples até CS muito complexas, permitindo descrever com amplitude e profundidade as relações de empresas diferentes e em projetos globais.

Segundo Dweekat, Hwang e Park (2017), o SCOR é o modelo mais difundido e utilizado em muitas empresas do mundo para modelar e orientar a CS.

O modelo foi desenvolvido para descrever todas as atividades de negócios envolvidas no atendimento ao cliente em uma cadeia de suprimentos e é estruturado baseado em seis processos de negócios primários: planejar, abastecer, produzir, entregar, retornar e realizar, como demonstrado na Figura 9 (PIRES, 2016; APICS, 2017; CORRÊA, 2019).

Figura 9 - SCOR Organizado em Torno de Seis Processos-Chave de Negócios



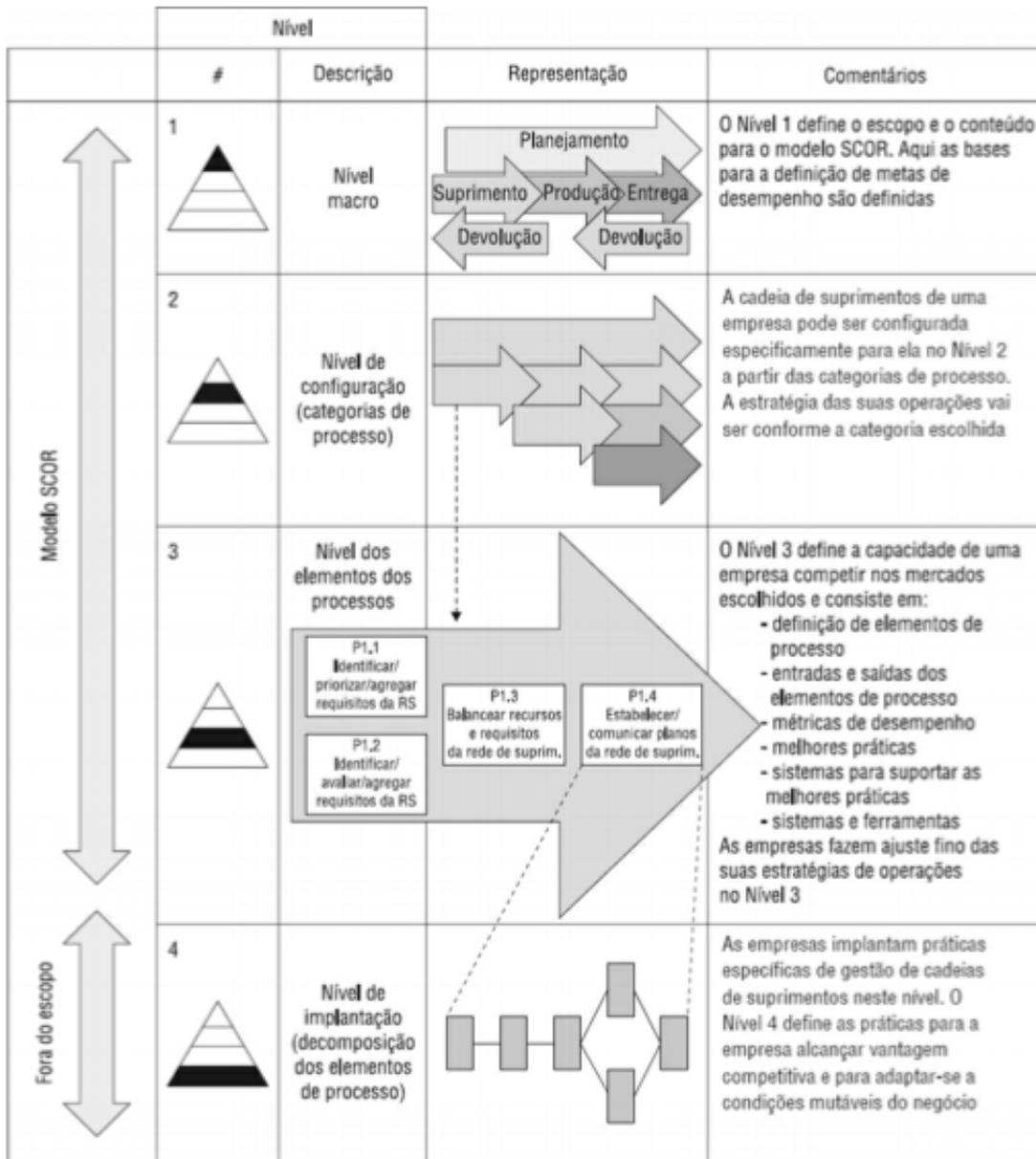
Fonte: Adaptada de APICS (2017, p.12)

Segundo Pires (2016), um modelo de referência deve contemplar três características básicas: identificação do estado atual para posterior definição de um estado futuro, quantificação de desempenho e estabelecimento de metas e aplicação de práticas para solução. Persson (2011), Pires (2016) e APICS (2017) destacam que o diferencial do SCOR é o fato de ele ser composto por uma modelagem com processos padronizados, um conjunto de indicadores de desempenho e benchmarking para comparar com outras empresas que são referência em suas áreas de atuação (APICS, 2017).

Sua metodologia possui quatro níveis hierárquicos de detalhamento, apresentados na Figura 10.

Os níveis de 1 a 3 são a base, e o quarto nível de detalhamento é uma expansão realizada de forma padronizada para cada setor empresarial (APICS, 2017).

Figura 10 - Níveis do SCOR



Fonte: Corrêa (2019, p.189)

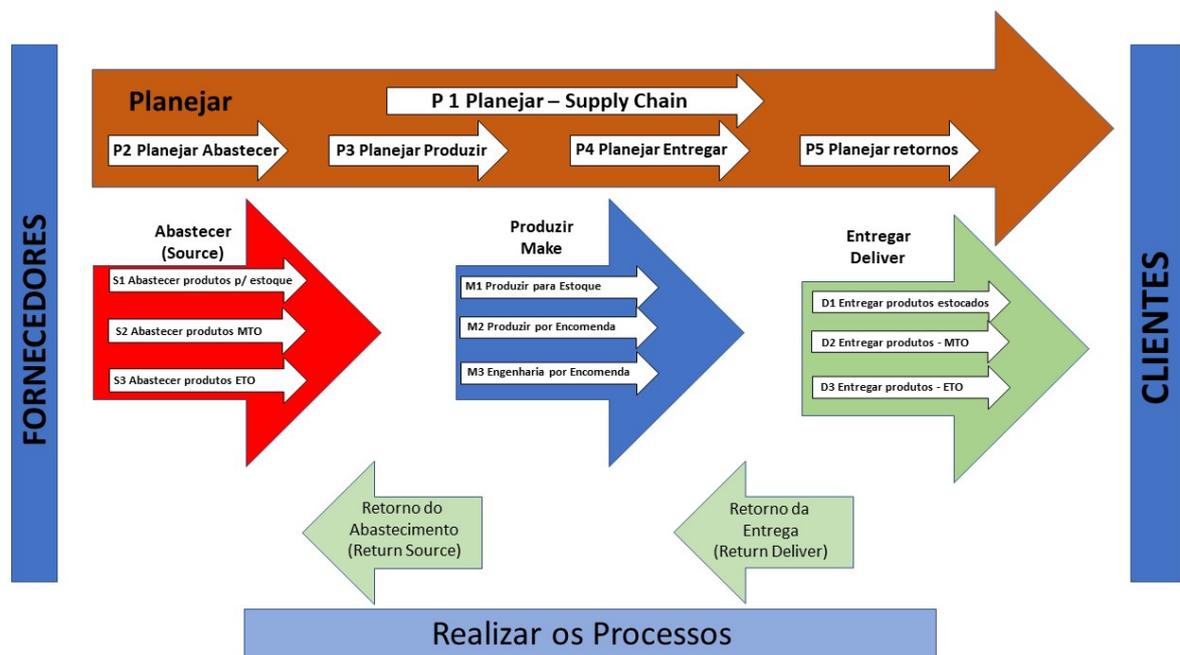
De forma resumida, no nível 1 é realizado um levantamento da CS com a identificação dos processos chave – planejar, abastecer, produzir, entregar, retorno e realizar, que posteriormente são detalhados pelo modelo. No nível 2 são definidas as estratégias e a configuração dos processos. Em seguida, no nível 3 cada processo é detalhado, as operações são definidas, sendo determinado ainda o que deve ser medido. Na sequência, é realizado o alinhamento dos níveis de desempenho e escolha das melhores práticas e sistemas. Em seguida, é identificada uma lista de boas práticas que podem ser aplicadas para cada indicador, descritas no nível 4 (PERSSON, 2011;

PALMA-MENDOZA, 2014; PIRES, 2016; DWEEKAT; HWANG; PARK, 2017; APICS, 2017).

A partir das métricas, processos e funções apropriados é possível alinhar as decisões de forma eficiente e eficaz, revisar os objetivos e as estratégias das empresas (DWEEKAT; HWANG; PARK, 2017).

Por ser a base de todo o processo que é posteriormente detalhado nos outros níveis, o nível 1 será mais detalhado neste capítulo. Ele diz respeito à identificação dos processos de negócios. Cada processo do nível 1 é detalhado nos demais níveis, levando em consideração o tipo de relacionamento com o processo antecessor/sucessor, como pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 - Processos-Chave de Negócios do SCOR



Fonte: Adaptada de Pires (2016, p. 86)

São cinco os processos-chave mais tradicionais (PIRES, 2016; APICS, 2017):

- Planejar (*Plan*) – abrange o planejamento e alinhamento da demanda, suprimentos e infraestrutura;

- b) Abastecer (*Source*) – processo que cuida de providenciar os recursos e a infraestrutura necessária do início da cadeia até a empresa foco (*inbound*). Estão envolvidas as atividades de compras, recebimento, inspeção, gerenciamento de inventário, armazenagem, desenvolvimento e relacionamento com fornecedores;
- c) Produzir (*Make*) – trata da execução das atividades referentes ao gerenciamento da manufatura como requisição, recebimento, produção, testes, embalagem, armazenagem e despacho de produtos, gestão de recursos e equipamentos, gestão de processos produtivos, gestão da qualidade dos produtos e gestão da capacidade;
- d) Entregar (*Deliver*) – contemplam questões que envolvam o canal de distribuição (*outbound*), tais como a gestão da demanda, gestão de pedidos, armazenamento, gestão de transportes e infraestrutura de entrega;
- e) Retornar (*Return*) – pode ser dividido em duas etapas distintas: retorno dos produtos na cadeia de distribuição (desde o consumidor final) e retorno de materiais na cadeia de abastecimento (até o ponto de início).

O sexto processo foi inserido no modelo na versão 11.0 em 2013 e segundo a APICS (2017):

- f) Realizar (*Enable*) – contempla o estudo para a inclusão de elementos na rede, viabilizar as compras e a implantação de tecnologias.

Após o mapeamento dos processos são determinados os atributos de performance e as métricas utilizadas.

Segundo APICS (2017), no nível 1 o SCOR apresenta dez indicadores divididos em cinco atributos, conforme demonstrados no Quadro 1.

Quadro 1 - Indicadores de Nível 1 do SCOR

Atributo	Métrica Nível 1
Confiabilidade	Atendimento Perfeito do Pedido
Responsividade	Tempo de Ciclo do Pedido
Agilidade	Adaptabilidade da CS aos Clientes
	Adaptabilidade dos Fornecedores a CS
	Valor Geral em Risco
Custo	Custo Total de Gerenciamento da CS
	Custo dos Produtos Vendidos
Gestão de Ativos	Ciclo de Fluxo de Caixa
	Retorno sobre os Ativos Fixos da Cadeia
	Retorno sobre o Capital

Fonte: Adaptado de APICS (2017, p. 27)

Pires (2016) destaca que o diferencial do SCOR é o fato de ele apresentar no mesmo modelo uma Reengenharia dos Processos, indicadores de desempenho e benchmarking. No SCOR, as referências são estabelecidas por *benchmark* de empresas em suas áreas de atuação (APICS, 2017).

O segundo nível corresponde ao nível tático dos processos. As métricas do nível 1 são mais detalhadas e auxiliam na análise e configuração dos planos de melhorias. Já o terceiro nível engloba a parte operacional dos processos. Após levantados os índices do nível II, são identificadas as melhores práticas a serem utilizadas na obtenção dos objetivos. No modelo SCOR os objetivos são estabelecidos por *benchmark*. Existe um quarto nível previsto no modelo, que diz respeito à implantação efetiva dos planos, mas não têm detalhamentos. O SCOR apresenta referencial das competências necessárias para os profissionais que participam dos processos de negócios. Esta informação é paga e exclusiva para os contratantes do modelo (PALMA-MENDOZA, 2014; APICS, 2017; CORRÊA, 2019).

Como já mencionado, além da estrutura em níveis, o Modelo SCOR é estruturado em quatro sessões: Performance (definição de metas estratégicas e métricas padrão);

Processos (descrição padrão dos processos e as relações entre eles); Práticas (Uso de práticas que melhoram a performance) e Pessoas (definição as competências necessárias para a melhor performance da CS). Existe ainda uma quinta sessão exclusiva de aplicações especiais exclusiva para usuários do SCOR (APICS, 2017).

A ASCM, atual mantenedora do SCOR, lançou um novo modelo direcionado às CS digitais: o Modelo de Capacidades Digitais para Redes de Suprimentos, trazendo direcionamentos de adaptabilidade, flexibilidade, sincronismo, gestão ágil e outros recursos, detalhados no tópico a seguir.

2.2.1 Modelo de Capacidades Digitais para Cadeias de Suprimentos

A ASCM desenvolveu essa proposta em 2019 com o objetivo de ser um modelo relacional para orientar o desenvolvimento de CS digitais (CS digitalmente integradas), orientando os profissionais no desenvolvimento de competências para transformar CS lineares em CS dinâmicas (cadeias de suprimentos com capacidade de se adaptar rapidamente a mudanças) (ASCM, 2020).

O modelo apresentado tem suas conexões em diferentes níveis, sendo os dois primeiros com informações abertas – e, a partir do terceiro, com informações apenas para sócios da ASCM, com o primeiro nível apresentado na Figura 12.

Figura 12 - Modelo de Capacidades Digitais para CS



Fonte: ASCM (2020).

Cada uma das conexões é subdividida em um segundo nível com diferentes recursos envolvidos (ASCM, 2020):

a) **Desenvolvimento de Produtos:** tem o objetivo de, através de dados inteligentes, inovação ágil e tecnologias avançadas, desenvolver e gerenciar produtos e serviços voltados à experiência do cliente. Os recursos envolvidos são a gestão de produtos e portfólio, arquitetura de plataforma de produtos e sistemas de engenharia, gerenciamento de configuração, colaboração de desenvolvimento de produtos e desenvolvimento digital;

b) **Planejamento Sincronizado:** integra objetivos estratégicos, objetivos financeiros e planos táticos da CS na definição da estratégia e planejamento da CS para o desenvolvimento de planos conectados e sincronizados. Envolve a reconciliação de planos corporativos, *design* da CS, planejamento do ciclo de vida, gestão inteligente da demanda, demanda e oferta responsiva e otimização dinâmica do fluxo;

c) **Fornecimento Inteligente:** esse recurso tem o objetivo de desenvolver o valor da função compras, melhorando as relações com os fornecedores. No

segundo nível, envolve os recursos de análise do fornecimento inteligente, gestão de categorias, execução de origem, gestão de contratos digitais, aquisição e conformidade, processamento de faturas e pagamentos e colaboração de fornecedores;

d) Operações Inteligentes: esse recurso sincroniza os aspectos da produção e das operações de forma responsiva e adaptativa. Os recursos de segundo nível desenvolvido são a força de trabalho aumentada, sincronização total de operações, execução ágil de operações, suporte de operações eficientes, centro de comando de operações e estratégia de operações;

e) Realização Dinâmica: um sistema dinâmico e interconectado entre as empresas para obter o produto e os serviços certos, mantendo os atributos logísticos de qualidade, quantidade, tempo e condições, com responsividade, flexibilidade e escalabilidade. Os recursos do segundo nível são cadeia de custódia e integridade, cumprimento da ordem *Omnichannel*, seleção de caminho ideal, operações eficientes de transporte, sinais de cumprimento automatizados, operações eficientes de armazém e resposta de rede adaptativa.

A Figura 13 apresenta um mapa mental que compacta as informações apresentadas no capítulo.

Figura 13 - Mapa Mental do SCOR



Fonte: Elaborado pela Autora

Motivados pela necessidade de oferecer produtos cada vez mais customizados e com menor custos, várias inovações vão surgindo, principalmente com relação a ferramentas e instrumentos que possam auxiliar as empresas no aumento da competitividade. Propiciada pelo avanço e redução dos custos das tecnologias e o aumento da integração entre elas, surge a Indústria 4.0, melhor explorada na seção 2.3.

2.3 Indústria 4.0

O termo Indústria 4.0, segundo Dallasega, Rauch e Linder (2018), se refere à ampliação, na área industrial, do uso da automação e da digitalização, possibilitando a comunicação entre produtos, seu ambiente e parceiros de negócios e que representam uma quarta revolução industrial.

O termo Quarta Revolução Industrial surgiu a partir das discussões do Fórum Econômico Mundial (*World Economic Forum - WEF*), na Feira de Hannover de 2011, na Alemanha, lideradas pelo seu executivo principal no momento, o economista e engenheiro Klaus Schwab (SCHWAB, 2016). Essa revolução, segundo Schwab (2016), se caracteriza por maior mobilidade de acesso, sensores cada vez mais sensíveis e baratos, Internet em quase todos os lugares e avanços em inteligência artificial e *machine learning*.

Cada revolução industrial apresentou um marco histórico que influenciou completamente o sistema produtivo e gerencial das organizações e estão apresentados no Quadro 2 de forma resumida.

Kotler, Kartajaya e Setiawan (2017) afirmam que esses movimentos alteraram radicalmente o mundo. A nova realidade conta com mais forças horizontais (grandes corporações estão perdendo força para grupos sociais com influência em diferentes canais das mídias sociais), e os consumidores tornaram-se cada vez mais poderosos e ruidosos.

Quadro 2 - Características Tecnológicas das Revoluções Industriais

Revoluções Industriais	Período	Características Tecnológicas
Primeira Revolução Industrial	Iniciou na segunda metade do século XVIII	Máquina a Vapor. Substituição da produção artesanal pela produção fabril.
Segunda Revolução Industrial	Iniciou no fim do século XIX e avançou a primeira metade do século XX	Energia Elétrica. Automação e produção em massa.
Terceira Revolução Industrial	Iniciou na segunda metade do século XX	Surgimento dos computadores, desenvolvimento de semicondutores e internet.
Quarta Revolução Industrial	Iniciou na primeira década do século XXI	Internet mais ubíqua e móvel, sensores menores, mais poderosos e baratos e inteligência artificial. Fusão de tecnologias. Sistemas e máquinas inteligentes e integrados.

Fonte: Adaptado de Correa (2019, p.361).

Além das mudanças nos hábitos dos consumidores, outro fenômeno comprovado que tem influenciado um processo de mudanças nas organizações é o avanço e a redução dos custos das tecnologias, conforme previsto na Lei de Moore. A Lei de Moore previa que um número de transistores em um circuito integrado iria dobrar a cada 12 meses e hoje se aplica a outros produtos digitais (BRYNJOLFSSON; MCAFEE, 2014). Outros avanços que influenciam as transformações atuais estão relacionados à evolução de redes de alta velocidade, sensores com base em nanotecnologia e processadores cada vez mais rápidos (SACOMANO *et al.*, 2018).

As constantes evoluções no mundo tecnológico têm proporcionado profundas transformações em todos os setores produtivos, principalmente nos hábitos e escolhas dos consumidores (SCHWAB, 2016).

Motivada por todo esse processo de transformações surge a Indústria 4.0. Segundo Frazzon *et al.* (2019), a Indústria 4.0 é um conjunto de inovações implementadas para atender as tendências de transparência, autonomia, digitalização, colaboração e informações em tempo real de produtos e processos. Segundo os autores, as principais características deste processo que contribuem para a criação de valor e a competitividade são a conexão e autogestão inteligente.

Segundo Schwab (2016), a perspectiva da amplitude de mudanças permitida pelas tecnologias da Indústria 4.0 é tanto muito promissora quanto perigosa. As tecnologias não são novas, mas estão mais sofisticadas e integradas, causando uma ruptura na sociedade.

O termo Indústria 4.0 descreve as transformações que acontecem em diferentes áreas como nanotecnologia, energia renovável, computação quântica, genética, entre muitas outras que estão revolucionando a organização das CS. O grande diferencial está na possibilidade destas transformações se integrarem e amplificarem os resultados, possibilitando a integração de tecnologias e a interação dos mundos físico, digital e biológico (SCHWAB, 2016). Segundo Almeida (2019), a Indústria 4.0 surgiu como um programa (*Platform Industrie 4.0*, Plataforma Indústria 4.0) para aumentar a competitividade alemã e desenvolver a indústria local, e foi desenvolvido pela convergência entre universidades, empresas e governo.

Em linhas gerais, a Indústria 4.0 foca no estabelecimento de produtos e processos de produção inteligentes, para os quais as empresas precisarão contar com o desenvolvimento rápido de produtos, flexibilidade e saber lidar com a complexidade ambiental (BRETTEL *et al.*, 2014).

Para Gubán e Kovács (2017, p. 112), “a essência do conceito da Indústria 4.0 é a utilização de redes de sistemas inteligentes integrados que realizam uma produção autorregulável envolvendo a comunicação entre pessoas, máquinas, equipamentos e produtos”. Já Frazzon *et al.* (2019) citam como característica da Indústria 4.0 a Integração Digital Completa, ligando o mundo real e digital em toda a CS para o atendimento das necessidades do cliente.

A indústria 4.0 está baseada na integração de diferentes tecnologias que podem proporcionar maior qualidade, produtividade, flexibilidade e gerenciamento. A integração pode ser máquina a máquina (M2M) ou máquina a humanos (M2H), possibilitando a reconfiguração rápida da linha de produção, a otimização do sistema e a possibilidade de produção em larga escala de produtos inteligentes (SACOMANO *et al.*, 2018).

Neste sentido, a Indústria 4.0 veio para somar forças aos negócios, pois, segundo Brettel *et al.*(2014) e Barreto, Amaral e Pereira (2017), seu foco está no estabelecimento de produtos e processos produtivos mais inteligentes, auxiliando na coordenação de ambientes complexos, no aumento da flexibilidade e agilidade, na interoperabilidade e na integração com clientes e fornecedores. Todas essas vantagens podem ser obtidas devido ao avanço das tecnologias de forma exponencial, digital e combinatória, com custos reduzidos o suficiente para permitir o seu uso na escala necessária.

Essa integração possibilitada pelas tecnologias também é denominada de fábrica inteligente (BARRETO; AMARAL; PEREIRA, 2017; KOH; ORZES; JIA 2019). Koh, Orzes e Jia (2019) também mencionam as nomenclaturas de Manufatura dos EUA, *Industrie du Futur* utilizado na França, *Industrie 4.0* na Alemanha, *Industria 4.0* na Itália, *Made in China 2025* e *Made Smarter* no Reino Unido.

A inserção dessas tecnologias no contexto atual da sociedade provocou mudanças que estão influenciando uma série de transformações no contexto empresarial, no relacionamento cliente-fornecedor e no relacionamento entre as organizações. Brynjolfsson e McAfee (2015) discorrem sobre o tema afirmando que os avanços digitais estão fazendo pelo cérebro humano o equivalente ao que a máquina a vapor fez pela força bruta, impulsionando a ideação, a criatividade e a inovação.

De acordo com Keller *et al.* (2014), a quarta revolução é impulsionada pela comunicação entre máquinas e humanos através de Sistemas Ciber Físicos, impulsionados pelo uso da Internet. Segundo os autores, o grande foco está em atender a necessidade de desenvolvimento rápido de produtos, flexibilidade de produção e gestão de ambientes complexos com uso de produtos e processos produtivos inteligentes. Argumentos também utilizados por Gubán e Kovács (2017), que complementam afirmando sobre o uso de sistemas inteligentes na CS, na qual há a comunicação integrada de pessoas, produtos, máquinas e equipamentos, o que proporcionará uma produção autorreguladora.

Os desafios a serem vivenciados pelas indústrias são muitos na introdução da Indústria 4.0, principalmente relacionados ao uso e adaptações às novas tecnologias,

à mobilidade, descentralização dos processos na CS e à integração em tempo real (BARATA; CUNHA; STAL, 2018). O sucesso – ou não – das iniciativas dependerá fortemente do compartilhamento de dados na CS, com destaque para a mobilidade e o uso de dispositivos móveis (BARATA; CUNHA; STAL, 2018; BRETTEL et al., 2014).

Mas assim como em outros momentos da história do desenvolvimento industrial, nem todas as empresas estão na mesma fase de evolução (KOH; ORZES; JIA, 2019). Para Schwab (2016), fatores como o tipo de indústria, o perfil da base de clientes e os fatores demográficos influenciam na necessidade do ponto de ruptura, mas todas as empresas serão influenciadas pelas transformações.

2.3.1 Uso das Tecnologias da Indústria 4.0 na SCM

Koh, Orzes e Jia (2019) afirmam que as mudanças da Indústria 4.0 vão desde tecnologias digitais, passando por novos materiais e novos processos, impactando as operações de toda a CS e as demandas dos clientes, dando lugar ao sistema de produção da customização em massa. Tais transformações exigem mudanças nos paradigmas de produção, logística e da SCM, opinião também de Dallasega, Rauch e Linder (2018) e Luthra e Mangla (2018).

As empresas precisam responder às necessidades dos clientes em tempo real, de forma global e com entregas diretamente na porta, exigindo assim uma combinação de produtos e serviços baseados em dados e novas formas de colaboração na CS (SCHWAB, 2016). Aspectos como a preocupação com as experiências do cliente, inovação colaborativa, interação dos mundos digital, físico e humano, novos modelos de negócios e fontes de receitas vão exigir novas ações das empresas para que estas continuem a agregar valor para seus clientes. As empresas, de acordo com Schwab (2016), deverão adotar modelos mais colaborativos, utilizar novas tecnologias, materiais, softwares e análises para conseguir ser mais eficientes, reduzir custos e preservar o meio ambiente. Complementa ainda afirmando que os dados se tornarão

cada vez mais essenciais, incentivando os investimentos em sistemas de segurança de dados e também o desenvolvimento de novas competências dos profissionais.

Muitas são as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Por ser um tema relativamente novo e em grande desenvolvimento, não há um consenso sobre quais são essas tecnologias (KOH; ORZES; JIA, 2019).

Apesar da diversidade de tecnologias, segundo Schwab (2016), o que há em comum entre todas elas e as inovações da Indústria 4.0 é a capacidade de aproveitar os recursos da digitalização e da tecnologia da informação. O autor divide tais tecnologias em três categorias, que estão inter-relacionadas e beneficiam umas as outras: física, digital e biológica.

Gubán e Kovács (2017) citam a interligação de cinco componentes-chave da Indústria 4.0: componentes digitais, máquinas inteligentes, integração de redes horizontais e pequenos componentes. Outros pesquisadores também apresentam diferentes relações de tecnologias como Xie *et al.* (2020), que afirmam que a Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT), Sistemas Ciber Físicos e a Inteligência Artificial (*Artificial Intelligence* – AI) vão transformar a CS. Sacomano *et al.* (2018) mencionam o uso combinado da automação industrial com *big data analytics*, IoT, manufatura aditiva e híbrida, *cloud computing*, robótica avançada e novos materiais (como fibras de carbono e grafeno), realidade aumentada e realidade virtual, o ciberespaço e sensores em rede.

Chauhan e Singh (2019) citam a combinação de produtos e fabricação inteligentes com IoT. Frazzon *et al.* (2019) ressaltam a importância do *Big Data*, a computação em nuvem e a IoT como as mais exploradas em CS inteligentes. Queiroz e Fosso Wamba (2019) ressaltam IoT, infraestrutura inteligente, produtos inteligentes, máquinas inteligentes e interconectividade como diferenciais para uma CS inteligente e responsiva. Koh, Orzes e Jia (2019) mencionam o uso de sensores, processadores, tecnologias de software e comunicação.

Por fim, Chauhan e Singh (2019) mencionam Sistemas Ciber Físicos, IoT, Robótica, Realidade Aumentada, Big Data, Internet dos Serviços (*Internet of Services* - IoS) e

Cloud Manufacturing, assim como fábrica inteligente, transporte inteligente, veículos inteligentes e infraestrutura inteligente, em que máquinas e produtos interagem entre si na ausência de intervenção humana.

O uso das tecnologias da Indústria 4.0 resulta em iniciativas muitas vezes tituladas de SCM 4.0 e SCM Inteligente (FRAZZON *et al.*, 2019). Tais tecnologias contribuem com a SCM em quatro atributos: conectividade, visualização, otimização e autonomia.

Assim como na SCM, o uso das chamadas tecnologias da Indústria 4.0 também promove mudanças nas operações logísticas, impulsionando a chamada logística inteligente (XIE *et al.*, 2020). Algumas das transformações, segundo Xie *et al.* (2020), são a otimização do armazenamento de forma remota, otimização das rotas, melhor eficiência e redução de custos.

Frazzon *et al.* (2019) apresentam uma evolução da Logística e da SCM com o avanço das tecnologias e as Revoluções Industriais apresentada no Quadro 3, demonstrando a mudança necessária de sistemas e processos mais flexíveis e integrados para atender a uma necessidade do mercado.

O aumento da conectividade entre produtos e processos provoca uma nova era de manufatura conectada e inteligente, com CS responsivas e produtos sob medida (PANDEY *et al.*, 2020). Para Wu, L. *et al.* (2016), as características de uma CS inteligente perpassam as seguintes características: ser inteligente, instrumentada, interconectada, automatizada, inovadora e integrada. Em outras palavras, é equipada com diferentes hardwares, e as informações fluem em tempo real e para toda a CS, tornando-a capaz de reagir e tomar decisões rápidas. Os processos são otimizados e muito automatizados (sem a interação humana), sendo desenvolvidos de forma integrada e colaborativa.

Quadro 3 – Avanço da Logística e SCM

	Industrial	Logística	SCM
2020	Indústria 4.0 - Produtos com forte individualidade e em condições de produção com grande flexibilidade	Logística 4.0 - Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS), Sistemas de Localização em Tempo Real (RTLS)	SCM 4.0 - Total Integração da rede
2010			
2000	Indústria 3.0 - Microprocessadores. Primeiros controladores lógicos de programação. Uso de eletrônicos e Tecnologia da Informação (1969 a 2000)	Logística 3.0 - Sistemas de Gerenciamento da Logística (a partir dos anos 1980)	SCM 3.0 - Integração entre dois canais (início dos anos 1980)
1990			
1980			
1970	Indústria 2.0 - Produção em massa usando energia elétrica (1870 a 1969)	Logística 2.0 - Automação de sistema de manuseio (a partir dos anos 1960)	Não existia o conceito de SCM neste período
1960			
1880		Logística 1.0 - Mecanização do transporte (fim do século 19 e início do século 20)	
1870			
1860	Indústria 1.0 - Tear de tecelagem mecânica, água, energia a vapor (1784 a 1870)		
1850			
1800			
1790			
1780			

Fonte: Adaptado de Frazzon *et al.* (2019, p.187).

A implementação da Indústria 4.0 está baseada em seis princípios: interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidade em tempo real, orientação de serviços e modularidade (SACOMANO *et al.*, 2018; KOH; ORZES; JIA, 2019; KOZMA; VARGA, 2020):

a) A interoperabilidade refere-se à conexão e à comunicação entre diferentes sistemas, produtos, máquinas e seres humanos, garantindo a troca de dados compartilhadas com precisão e rapidez entre os parceiros;

b) A descentralização garante que cada unidade da operação, seja uma pessoa, empresa ou dispositivo, possa tomar decisões independente;

c) A virtualização significa a existência de dispositivos monitorando o processo físico, podendo se tornar parte de um modelo e garantindo também a comunicação entre máquinas;

d) A modularidade permite que os componentes ou dispositivos sigam padrões que garantam a capacidade de adaptação a flutuações sazonais ou mudanças de produção, dando ao sistema a flexibilidade de ser expandido ou substituído de acordo com a necessidade da organização;

e) A capacidade em tempo real faz referência a coleta, análise e transmissão de dados em tempo real;

f) A orientação de serviço reporta-se à capacidade dos dispositivos de estender sua função de produto para a de produto-serviço, satisfazendo necessidades dos clientes proporcionadas pela interconexão dos componentes do sistema.

Almeida (2019) complementa que, para um processo produtivo ser implementado com os princípios da Indústria 4.0, ele deve estar baseado em três pilares: integração e digitalização da CS; digitalização das ofertas e dos serviços com utilização de *big data analytics* e Internet das Coisas para controle total do processo e a utilização de modelos de negócios virtuais. Segundo o autor, os principais benefícios nas plantas com Indústria 4.0 são a redução de custos; a economia de energia; o aumento de segurança; a conservação ambiental; a redução de erros; o fim do desperdício; a transparência dos negócios; o aumento da qualidade de vida e o aumento da personalização e escala.

A Figura 14 apresenta um mapa mental com as principais ideias trabalhadas na seção 2.3.

Figura 14 - Mapa Mental da Indústria 4.0



Fonte: Elaborado pela Autora

Entre as diferentes tecnologias, o foco desta pesquisa está no uso da IoT, que será melhor detalhado no item 2.4 a seguir.

2.4 Internet das Coisas

O termo Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT) surgiu em 1999, definido por Kevin Ashton como um conjunto de objetos interconectados por uma rede de comunicação que interagem entre eles e também com o meio externo (ABDEL-BASSET; MANOGARAN; MOHAMED, 2018; NOZARI *et al.*, 2021b; IEL/NC 2018b; VARRIALE, *et al.*, 2021).

Segundo Varriale *et al.* (2021) e Nozari *et al.* (2021b), o termo “Internet das Coisas” foi utilizado inicialmente para conectar a Internet à tecnologia RFID, com a intenção de coletar e salvar dados sem a interferência humana. Já hoje, segundo Correa (2019) e Dwivedi *et al.* (2021), a IoT é uma rede de dispositivos que permite a troca de dados entre objetos conectados entre si e com outros atores. Podem ser diferentes dispositivos físicos, como máquinas, smartphones, veículos, eletrodomésticos e outros objetos que possuam a eletrônica necessária de softwares, sensores, atuadores e conectividade.

Com a IoT, os dados são coletados em tempo real de máquinas e equipamentos através de sensores, *tags*, microprocessadores e outras tecnologias e enviados para processamento, como em ferramentas de *Big Data Analytics* que os processam, analisam e transformam em informações para ações nos negócios (CORREA, 2019). Nozari *et al.* (2021b) complementam que a IoT é utilizada não somente como tecnologia para a coleta de dados, mas também pra rastrear objetos e combinar informações utilizando redes sem fio, infraestrutura e habilidades de computação.

Surge assim o conceito de ambiente inteligente – que, segundo Azizi *et al.* (2021), se refere a um mundo físico conectado através de uma rede de objetos com *displays*, atuadores, sensores e elementos computacionais incorporados. Tal conceito se estendeu para vários fins, como os citados por Nozari *et al.* (2021b) de cidades inteligentes, agricultura inteligente, água e energia inteligente, varejo inteligente, escritório inteligente, transporte inteligente, saúde inteligente, entre outros. Farquharson, Mageto e Makan (2021) destacam os objetos inteligentes, como aqueles capazes de coletar e analisar dados de forma contínua por possuírem sensores, atuadores, processadores e sistemas de rede ligados à Internet, coordenando e integrando processos. Esta lista inclui os controles inteligentes de sala, os sistemas de navegação, rastreadores, sensores inteligentes de cargas, de gerenciamento de combustíveis e de rotas (FARQUHARSON; MAGETO; MAKAN, 2021). Tais avanços e engajamento das tecnologias inteligentes propiciam oportunidade para o aumento da competitividade e o desenvolvimento de novos negócios (COLLI *et al.*, 2021).

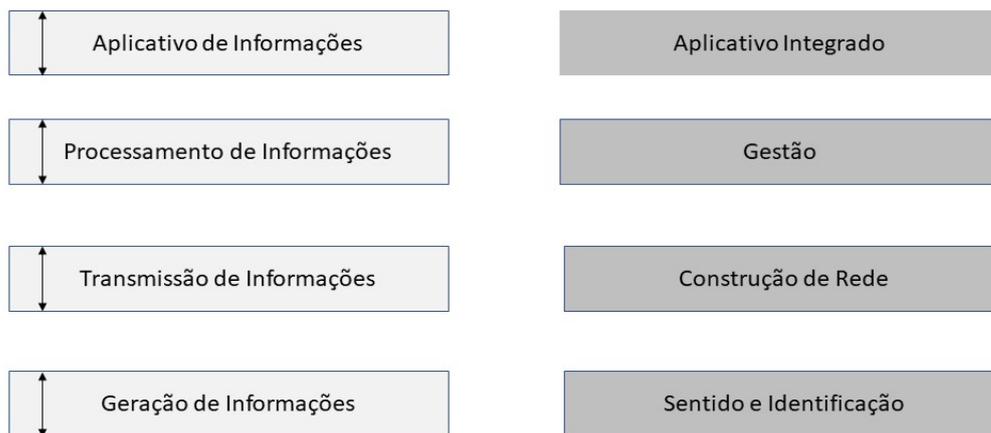
Segundo Nozari *et al.* (2021b), a IoT é considerada na Europa uma das tecnologias fundadoras da Indústria 4.0, e sua integração com as tecnologias industriais pode também ser denominada de Internet das Coisas Industrial (*Industrial Internet of Things* – IIoT) com o uso de máquinas inteligentes, produtos e serviços inteligentes, termo também utilizado por Cheung e Bell (2021). Dwivedi *et al.* (2021) complementam o conceito, afirmando o poder da IoT de aumentar a eficiência e a produtividade nos processos industriais.

Além do uso industrial, a IoT tem conectado não somente coisas, mas também pessoas e organizações, transformando a forma como interagem e muitas vezes até como trabalham e vivem, ganhando a denominação também de Internet de Tudo

(*Internet of Everything – IoE*), que influencia e transforma muitos segmentos da Indústria (NOZARI *et al.*, 2021b).

Para a sua utilização, a IoT possui uma arquitetura formada por quatro camadas, representadas na Figura 15 (NOZARI *et al.*, 2021b; FARQUHARSON; MAGETO; MAKAN, 2021).

Figura 15: Arquitetura da Internet das Coisas



Fonte: Nozari *et. al.* (2021b, p.82)

A primeira camada é a da Geração das informações, em que há a aquisição ou detecção dos dados por meio de sensores, atuadores e *tags* RFID utilizados para esta finalidade. A segunda camada é a de Transmissão das Informações, em que há uma rede sem fios realizando a transferência de informações. Na terceira camada, Processamento de Informações, ocorre o processamento e computação de dados com o uso de uma tecnologia de comunicação entre diferentes sistemas e aplicativos que permitem a integração das informações. Na quarta camada, chamada de Aplicativo de Informações, as informações são exibidas pela interação com um sistema e utilizadas para melhorar o desempenho.

Como característica das tecnologias da Indústria 4.0, a IoT não é aplicada de forma isolada. Sua utilização é melhor aproveitada com investimentos em inteligência artificial, *big data*, manufatura avançada, computação em nuvem e processamento avançado (IEL/NC, 2018b).

Jabbour *et al.* (2020) mencionam o uso do *Big Data Analytics* em conjunto para permitir a manutenção preventiva de máquinas e robôs, assim como permitir a comunicação entre dispositivos de diferentes elos da CS e também do *Blockchain* para garantir a veracidade dos dados compartilhados. Uma das formas de uso da IoT, segundo Corrêa (2019), é com relação à manutenção preventiva. Os dispositivos com IoT permitem analisar a necessidade de manutenção preditiva e operacional, englobando diferentes aspectos como temperatura e pressão.

A IoT é uma grande produtora de dados e uma das principais fontes de geração de *big data* (NOZARI *et al.*, 2021b). As informações transmitidas permitem o monitoramento de produtos e processos em toda a CS e incluem preço, localização, data, qualidade, certificações, entre outras características (VARRIALE *et al.*, 2021). E com o objetivo de aumentar a confiabilidade dos dados, Ahmed *et al.* (2021) sugerem o uso combinado de blockchain e da IoT.

Nozari *et al.* (2021b) afirmam que o *big data* em conjunto com a IoT podem ser utilizados para melhorar a tomada de decisões. Como *big data* entende-se um grande conjunto de dados, gerados em vários campos diferentes e em um determinado período de tempo (NOZARI *et al.*, 2021b). Com esse uso, a IoT possibilita a migração de um padrão de obsolescência para um de serviços, permitindo às organizações fornecer novos modelos de negócios aos clientes baseados no benefício do produto ao invés da posse.

Já Bamunuarachchi *et al.* (2021) destacam o uso da IoT com a Inteligência Artificial (IA) para produzir informações na forma de decisões que vão reduzir os índices de manutenção e aumentar a eficiência da produção.

Como o objetivo da Indústria 4.0 é integrar o mundo físico com o ciberespaço, Krupitzer e Stein (2021) mencionam os Gêmeos Digitais (*Digital Twins* – DT). O DT é uma representação digital de objetos, processos e sistemas físicos através de um fluxo bidirecional que descreve e estimula suas características (Krupitzer; Stein, 2021; Bamunuarachchi *et al.*, 2021).

Sacomano *et al.* (2018) mencionam como benefícios do uso da IoT a oportunidade de novos mercados, como a aplicação em serviços urbanos para as cidades inteligentes, poder manter um dispositivo conectado à fábrica, gerando dados para estudos e aplicações futuras, além de criar novas possibilidades para a manutenção dos produtos e reciclagem.

Outro benefício da IoT citado por Corrêa (2019) é que a informação pode fluir nos dois sentidos, favorecendo assim atualizações e manutenções a distância. Almeida (2019) complementa afirmando que a IoT possibilita um alto grau de automação remota ao utilizar sensores, dispositivos com controles integrados, dados armazenados em nuvem e códigos específicos dos usuários, permitindo a automação desde pequenos objetos do ambiente doméstico até grandes processos industriais.

Na SCM, os benefícios mencionados por Abdel Basset, Manogaran e Mohamed (2018) incluem a redução dos custos obtidos pelo ganho das informações. A CS se torna mais instrumentada, inteligente, interconectada automatizada, integrada e inovadora. Aryal *et al.* (2018) ressaltam que, além do custo operacional, a CS pode oferecer um atendimento mais ágil, personalizado e inovador aos seus clientes.

Abdel Basset, Manogaran e Mohamed (2018) desenvolveram um sistema que permite o uso de IoT na SCM utilizando os processos-chave do SCOR. Assim, mapearam as contribuições que seriam possíveis para alguns processo-chave. Em habilitar, apresentam quatro camadas de tecnologias facilitadoras para o uso da IoT: a coleta de dados realizada por RFID e sensores; a transmissão de dados através de redes; o serviço e a interface. No processo abastecer, citam a oportunidade de auxiliar na escolha da variabilidade de produtos, seleção dos fornecedores e rastreabilidade das mercadorias em todo o seu ciclo de vida. Já no processo chave fazer, citam como melhorias da IoT a visibilidade e controle da produção, melhorias de design, novas oportunidades de manufatura sustentável e maior planejamento e controle de mercadorias e serviços. As contribuições para o processo entregar mencionadas incluem poder proporcionar o armazenamento colaborativo, economia de tempo na digitação de entrada de dados no sistema e precisão de inventário. No processo *retornar*, os autores salientam poder otimizar a recuperação de produtos e criar um

modelo de ciclo fechado da CS, assim como tornar a cobrança de novos produtos mais eficiente.

Alkhoori *et al.* (2021) citam vários ganhos na área de transportes, entre eles o monitoramento da carga em tempo real, o que permite a redução da inspeção física das mercadorias no seu recebimento. Já Nozari *et al.* (2021b) também apresentam o monitoramento em tempo real, mas mencionam como ganhos a partir destas informações o fato de ser possível ter previsões mais precisas e responder mais rapidamente ao mercado. Por outro lado, Farquharson, Mageto e Makan (2021) enfatizam a transparência e a maior visibilidade dos processos, resultando em redução de custos e de riscos.

Por outro lado, a implantação da IoT apresenta vários desafios. Como desafios, Corrêa (2019) aponta a segurança das informações, e Sacomano *et al.* (2018) complementam declarando os protocolos de segurança de dados, riscos de espionagem, a cultura das empresas, custos elevados e o grande volume de dados gerados. Já Aryal *et al.* (2018) citam a complexidade, problemas que podem ser acarretados pela necessidade de mudanças e a incerteza ou demora de retorno do investimento.

As questões de segurança das informações, segurança da rede e a privacidade dos dados são mencionados por Nozari *et al.* (2021b), Ahmad e Shah, (2021), Dwivedi *et al.* (2021) e Akhtar *et al.* (2021).

Dwivedi *et al.* (2021) classificam os ataques ao sistema de IoT em quatro categorias:

- 1- Ataque físico –realizado de um local fisicamente próximo à rede. Inclui a injeção de códigos maliciosos, adulteração dos dispositivos de IoT e a intromissão nos sinais de radiofrequência;

- 2- Ataque a rede –realizado a distância da rede. Inclui a falsificação do RFID e ataques à análise de tráfego;

3- Ataques de software – o ataque é lançado aproveitando o software presente no sistema IoT;

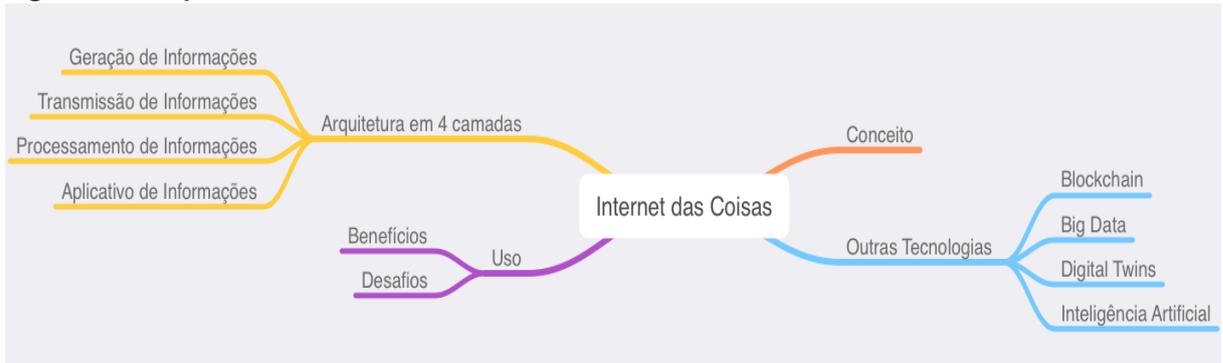
4- Ataques de dados – ocorre através do acesso não autorizado ou o comprometimento da consistência dos dados.

Outros desafios incluem o custo dos dispositivos, a necessidade de recursos apropriados, a interoperabilidade e a escalabilidade (NOZARI *et al.*, 2021b).

Com relação ao uso da tecnologia no Brasil, foi realizado um estudo intitulado Projeto Indústria 2027, que definiu um panorama sobre o estágio de digitalização da indústria brasileira e como ela está se preparando para o futuro (IEL/NC, 2018b). O estudo envolveu a IoT, seus sistemas e equipamentos, manufatura avançada, computação em nuvem, inteligência artificial, *big data*, nanotecnologias, redes de comunicação, biotecnologias e bioprocessos. Para sua realização, o IEL/NC (2018b) definiu quatro estágios de digitalização da empresa, partindo de G1 – uma empresa que tem uma digitalização pontual – até G4 – uma empresa integrada e inteligente.

Foi verificado por IEL/NC (2018b) que ocorreu o aumento do comércio internacional, acirrando a concorrência e formando novos produtores, principalmente na Ásia, que automatizaram seus processos e avançaram em pesquisa e desenvolvimento, chegando a disputar a liderança de mercados em diversos segmentos. Foi verificado que a disseminação das inovações tende a se dar de forma desigual e deve acontecer primeiro nos nichos de mercados especializados ou mais sofisticados, nas empresas multinacionais com filiais no Brasil e nas empresas nacionais com presença no exterior (IEL/NC, 2018b). Já nos nichos de consumo de massa e nos produtores de menor porte, a disseminação das tecnologias e inovações se dará de forma mais lenta, mostrando um *gap* de oportunidades a ser explorado para poder conquistar maior valor agregado e aumentar a competitividade das empresas no Brasil (IEL/NC, 2018b).

A Figura 16 apresenta um mapa mental com as principais ideias trabalhadas na seção 2.4.

Figura 16 - Mapa Mental da Internet das Coisas

Fonte: Elaborado pela Autora

Após a revisão inicial dos principais tópicos a serem trabalhados para o desenvolvimento do modelo, o capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada para a pesquisa.

3 METODOLOGIA

O método consiste em um grupo de atividades racionais e sistemáticas que levam a um objetivo, demonstrando o caminho que será percorrido (LAKATOS; MARKONI, 2010).

Entre as diferentes formas de análise de um determinado fenômeno, esta pesquisa adota a análise qualitativa dos dados para sua realização. Segundo Sampieri, Callado e Lucio (2013) e Creswell (2010), a pesquisa qualitativa é indicada quando o tema em estudo foi pouco explorado, e quando o foco da pesquisa é compreender fenômenos. Creswell (2014) complementa que a pesquisa qualitativa é utilizada para compreender os ambientes e contextos em que os participantes tratam de um problema, assim como para desenvolver teorias.

Segundo Vergara (2010), uma pesquisa pode ser classificada seguindo dois critérios, quanto aos fins e quanto aos meios:

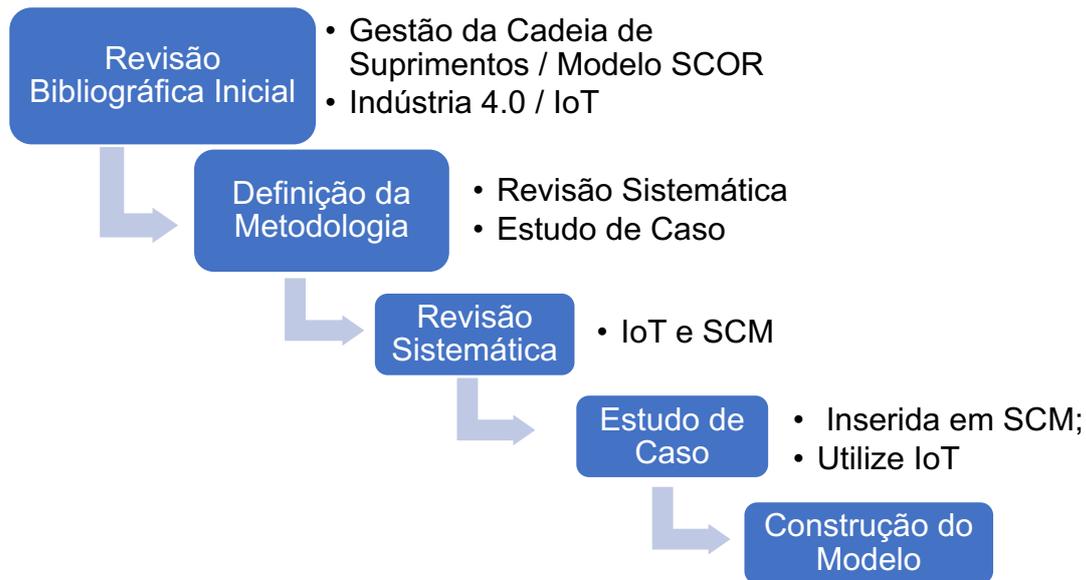
a) Quanto aos fins: esta pesquisa se classifica como aplicada, pois busca, através da pesquisa de dois temas, propor o desenvolvimento de um modelo de ações a serem aplicadas pelas empresas de acordo com os resultados obtidos;

b) Quanto aos meios: Para atingir o objetivo proposto na pesquisa será utilizada a revisão sistemática da literatura e o estudo de caso.

Gil (2018) propõe a classificação da pesquisa pela categoria e pelos propósitos gerais. Quanto à categoria, a pesquisa desenvolvida é uma pesquisa aplicada. Para Gil (2018), a pesquisa aplicada tem a finalidade de resolver problemas da sociedade. Com relação aos propósitos gerais, de acordo com Gil (2018), esta é uma pesquisa exploratória, pois auxilia o pesquisador a ter maior familiaridade com o tema, para depois construir hipóteses.

A Figura 17 sintetiza a metodologia utilizada no desenvolvimento deste estudo.

Figura 17 - Resumo da Metodologia



Fonte: Elaborada pela autora

Assim, a pesquisa foi iniciada com uma pesquisa bibliográfica. Sampieri, Callado e Lucio (2013) mencionam a importância da realização da revisão de literatura para encontrar novos conceitos e conhecer diferentes abordagens e interpretações, além de formular os métodos para a coleta de dados. Gil (2018) enfatiza a sua importância pelo caráter exploratório e por permitir maior familiaridade com o tema.

A pesquisa bibliográfica inicial foi realizada envolvendo os conceitos-chave para o desenvolvimento desta pesquisa, que são SCM, Modelo SCOR, Indústria 4.0 e IoT.

Para obter as informações necessárias à construção do modelo, foram definidas como metodologias a revisão sistemática de literatura e o estudo de caso em uma empresa industrial. Esses métodos de coleta e análise dos dados serão melhor detalhados nos itens 3.1 e 3.2 a seguir.

3.1 Revisão Sistemática de Literatura

A revisão sistemática surgiu em 1970 a partir da metanálise, técnica que utiliza a avaliação crítica e sintética de múltiplos estudos, podendo ou não incluir uma metanálise. Conforto, Amaral e Silva (2011) salientam o fato de a revisão sistemática ser metódica e replicável. Para tal, é importante que exista um método sistemático para realizar as buscas e analisar os resultados.

Na pesquisa realizada, as etapas utilizadas para a execução da revisão sistemática foram as definidas por Costa e Zolttowski (2014) e consistem em 8 passos:

1. Delimitação da questão da pesquisa;
2. Seleção das fontes de dados;
3. Determinação das palavras-chave que serão utilizadas nas buscas;
4. Busca e armazenamento;
5. Seleção dos critérios de inclusão e exclusão dos artigos;
6. Extração dos dados;
7. Avaliação dos artigos;
8. Síntese e Interpretação dos dados.

Para atingir o objetivo proposto, foi elaborada na primeira etapa da revisão sistemática a seguinte questão: Como avaliar o nível de aproveitamento dos benefícios decorrentes do uso da tecnologia IoT em apoio aos processos de negócio da Gestão da Cadeia de Suprimentos?

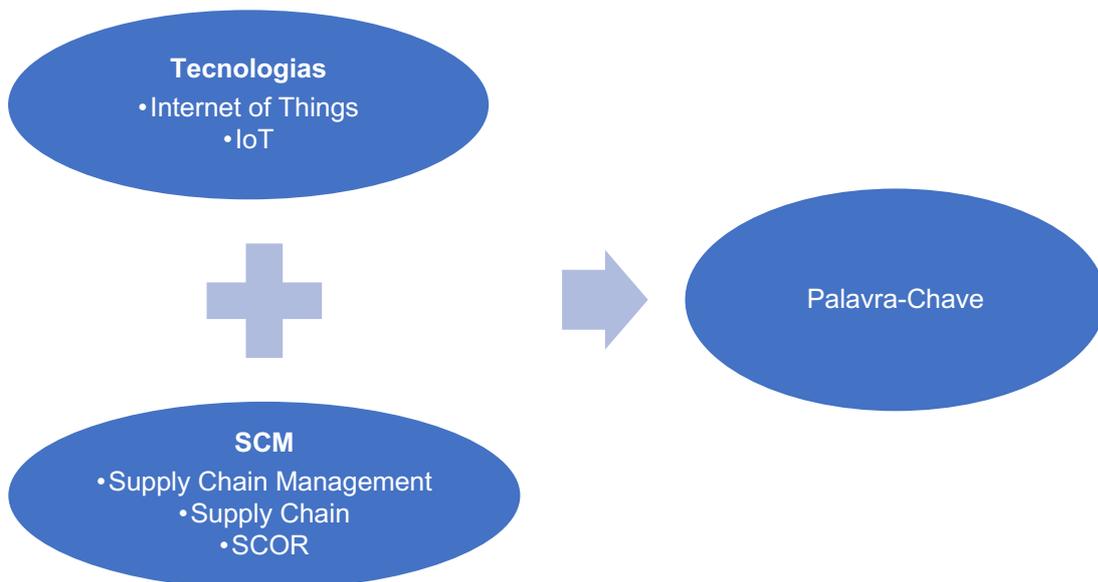
A segunda etapa da revisão sistemática consiste na seleção das fontes de dados. Foi selecionada a base de pesquisa da SCOPUS, que reúne publicações internacionais de qualidade nas áreas de Negócios, Gestão da Cadeia de Suprimentos e Tecnologia. A SCOPUS indexa mais de cinco mil revistas, entre elas as revistas da Elsevier e da IEEE, importantes fontes de pesquisa na área da SCM e da tecnologia. A base

utilizada permite o uso de indicadores bibliométricos e possui uma grande quantidade de artigos publicados de diversos países em diferentes continentes (ELSEVIER, 2022). Por questões de cronograma de pesquisa, outras bases não foram incluídas.

Selecionada a base, o próximo passo foi a escolha das palavras-chave para a pesquisa.

De acordo com a pergunta desenvolvida e o seu detalhamento, ficou evidente que o objetivo não era o de detalhar as questões técnicas da tecnologia, mas analisar a sua aplicabilidade no escopo específico da SCM. Por essa razão, a escolha das palavras-chave se deu pelo uso conjunto, sempre utilizando o conectivo “e” de palavras relacionadas a dois grandes grupos – as tecnologias pesquisadas e a SCM, conforme apresentado na Figura 18.

Figura 18 - Seleção de Palavras-Chave



Fonte: Elaborada pela autora

Com relação às tecnologias, foram utilizadas as palavras *Internet of Things* e *IoT*. Para a SCM, foram aplicadas as palavras *Supply Chain Management*, *Supply Chain* e *SCOR Model*. Não foram utilizadas palavras em português por se tratar de base

internacional, e pelo fato de as publicações estarem indexadas com o idioma inglês. A busca inicial resultou em 1390 artigos.

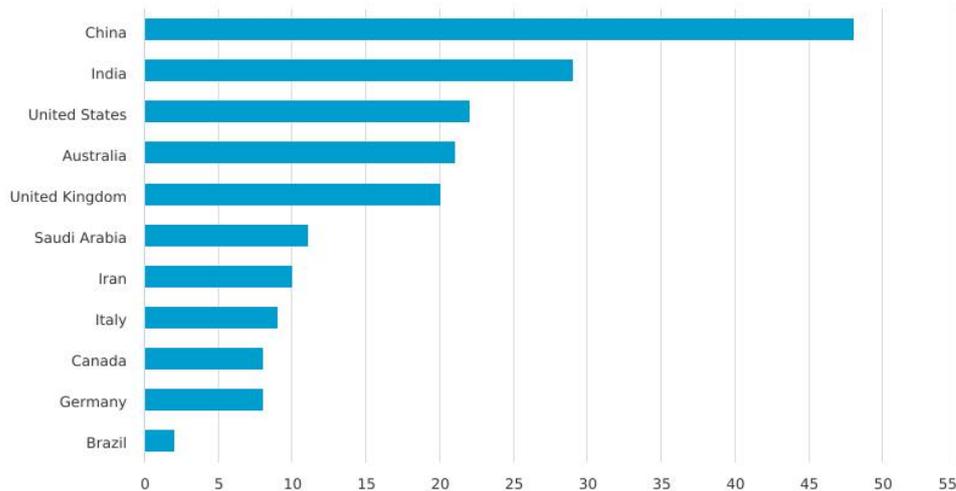
Após o mapeamento dos artigos, a próxima etapa para a realização da revisão sistemática foi a definição dos critérios para seleção e exclusão dos artigos.

Devido ao grande crescimento de publicações nos últimos anos e a importância de trabalhar com os artigos atualizados, os trabalhos utilizados foram os publicados nos últimos dois anos. Como a tecnologia está em constante evolução, a opção foi por utilizar os artigos mais recentes. Ao selecionar os artigos apenas de 2020 e 2021, foram obtidos 578 artigos, o que representa 41,58% das publicações. Trata-se de um número relevante quando comparado aos mais de 20 anos que antecederam a pesquisa desde o surgimento da tecnologia.

Dentre as diferentes áreas de publicação, foram selecionadas para a realização desta pesquisa as áreas de *Engineering; Decision Science; Business, Management and Accounting; Social Science* e *Computer Science*, reduzindo a base para 225 artigos.

Também foi estabelecido como critério de exclusão apenas os artigos em fase final de publicação, e mantidas apenas as publicações em *journals* e em Inglês, totalizando 195 artigos. Ao final, foram selecionadas todas as publicações com palavras-chave que continham *Supply Chain, Internet of Things* e *IoT*.

Desta amostra inicial, 115 artigos (63%) foram publicados em 2021, e apenas 67 (37%) foram publicados em 2020, o que demonstra um interesse crescente sobre o tema e o desenvolvimento de pesquisas na área. Quando analisados os países de origem das publicações, 26,37% delas vieram da China e 15,93% da Índia, países desenvolvedores de tecnologia. Foram analisados e apresentados na Figura 19 os dez países que mais publicaram sobre o tema. O Brasil registrou apenas duas publicações – 1% do total.

Figura 19 – Documentos por País

Fonte: Elsevier (2022)

Após o primeiro filtro, foram excluídos os artigos que não possuíam as palavras selecionadas para a busca em seu título ou como palavras-chave.

Na leitura do resumo, foram filtrados apenas os que poderiam responder as perguntas da pesquisa, utilizando como critério para aceite aqueles que demonstraram apresentar alguma aplicabilidade das tecnologias em algum dos processos-chave da SCM. Outros artigos foram excluídos da análise por, mesmo tendo os termos pesquisados, serem publicações voltadas apenas à descrição da tecnologia ou com aplicações em outros setores, como o agronegócio, construção civil, saúde, varejo ou serviços. Após todas as etapas, foram selecionados para a análise 41 artigos.

A sexta etapa está relacionada à extração dos dados. Os critérios foram estabelecidos a partir da pergunta inicial que delineou o processo da revisão sistemática. A partir deste questionamento, foram derivadas novas questões para a pesquisa que orientaram a extração dos dados dos artigos:

- a) Quais os principais benefícios que a Internet das Coisas proporciona para os processos de negócios da SCM?
- b) Quais os fatores que influenciam na seleção destas tecnologias para a implantação?

c) Quais outras tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 podem ser utilizadas de forma combinada para trazer benefícios à SCM?

A sétima etapa da revisão sistemática foi a avaliação dos artigos.

Por fim, a oitava e última etapa da Revisão Sistemática foi a da Síntese e Interpretação dos dados, cujos resultados estão apresentados no capítulo 4.

3.2 Estudo de Caso

O estudo de caso é utilizado na investigação profunda e exaustiva de um ou poucos casos (GIL, 2018). A opção pela realização do estudo de caso nesta pesquisa se deu justamente com esta finalidade: entender como foi o processo de implantação e o funcionamento da IoT em uma empresa do setor industrial, complementando as informações necessárias à construção do modelo, objeto da pesquisa. Optou-se pelo estudo de caso único. Os fatores que levaram a essa escolha foram o número reduzido de organizações no Brasil que se encaixam no perfil da amostra – e, segundo Yin (2015), o caso único se justifica quando representa uma situação peculiar, extrema ou se trata de um teste crítico da teoria existente.

Nesta pesquisa, o estudo de caso terá o papel proposto por Yin (2015) de expandir e generalizar uma teoria – e não de generalizar uma amostra ou universo.

Segundo Yin (2015), as fases para a realização de um estudo de caso consistem em:

1. Definir as questões do estudo de caso;
2. Definir as proposições, se houver;
3. Determinar a unidade de análise;

4. Definir a lógica que une os dados às proposições;
5. Definir os critérios para interpretar as constatações.

Assim como na revisão sistemática de literatura, a questão que delinea o estudo de caso é a seguinte: Como avaliar o nível de aproveitamento dos benefícios decorrentes do uso da tecnologia IoT em apoio aos processos de negócio da Gestão da Cadeia de Suprimentos?

Em seguida, como o objetivo é de expandir a teoria encontrada, não foram elaboradas novas proposições relativas ao estudo de caso.

O terceiro passo foi selecionar a unidade de análise. Sampieri, Callado e Lucio (2013) citam três fatores que contribuem para sugerir o número de casos: a capacidade de coleta e análise, o entendimento do fenômeno e a natureza do mesmo. Os autores complementam que a amostra, no processo qualitativo, não tem a obrigatoriedade de ser representativa.

O universo determinado para a realização do estudo de caso foi o de empresas que possuem iniciativas em SCM, inseridas no contexto da Indústria 4.0 e que utilizam Internet das Coisas. Devido à dificuldade de acesso a informações deste universo, a empresa foi selecionada de forma intencional por acessibilidade – ou seja, não probabilística. A coleta dos dados se deu através de entrevista com questões abertas, análise documental e visita à organização.

Quanto aos critérios para interpretar as constatações, para Yin (2015), o estudo de caso permite a aplicação de diferentes orientações epistemológicas, sendo selecionado para este estudo a interpretativista. Os dados coletados na entrevista serão confrontados com a literatura observada na revisão sistemática, utilizando a mesma lógica de análise e devendo preencher possíveis lacunas deixadas pelo processo anterior na construção do modelo proposto.

Os dados coletados da revisão sistemática da literatura vão demonstrar como a IoT é utilizada na área da SCM e em cada processo-chave de negócio do SCOR, assim como os resultados alcançados após sua aplicação e quais tecnologias são

empregadas com ela. Essas informações serão sintetizadas, resultando na avaliação sobre se a IoT pode ser utilizada em todos os processos-chave do SCOR e os resultados obtidos por processo-chave e com outras tecnologias associadas.

Após esse processo, já seria possível iniciar a construção do modelo. Todavia, alguns aspectos podem gerar dúvidas e deixar lacunas ainda sem resposta na literatura utilizada. Através da experiência de um profissional com a implantação da tecnologia, o estudo de caso será realizado com o objetivo de cobrir essas lacunas e solucionar as dúvidas.

Ao final, será possível analisar quais dos princípios da Indústria 4.0 puderam ser desenvolvidos por processo-chave (interoperabilidade, descentralização, virtualização, modularidade, capacidade em tempo real e orientação de serviços).

Como resultado, o modelo poderá oferecer ao Gestor da SCM um mapa para verificar como a IoT pode influenciar os processos da SCM, quais os processo-chave que podem ser aprimorados e os atributos que podem ser melhor desenvolvidos na SCM.

3.3. Limitações do Método

A princípio, a pesquisa oferece como principal limitação o fato de o desenvolvimento do modelo ter como referência o modelo SCOR, não contemplando os outros modelos de SCM.

Outra limitação encontrada é diversidade de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0. Devido ao grande número e a todas as possibilidades de combinação entre elas, apenas a IoT foi selecionada por ser o centro da conectividade entre diferentes dispositivos (FATORACHIAN; KAZEMI, 2021) e uma tecnologia muito importante para a SCM no contexto da Indústria 4.0 (COLLI *et al.*, 2021; UNAL *et al.*, 2021), ficando a lógica do modelo desenvolvido para ser replicada nas demais tecnologias.

O modelo desenvolvido se aplica à CS no setor industrial. Seu resultado pode diferenciar para CS de serviços ou de empresas totalmente digitais.

O modelo utiliza a base bibliográfica selecionada, podendo obter resultados diferenciados em um universo diferente de dados.

Para complementar o modelo foi realizado um estudo de caso único, sendo essa uma limitação.

4 ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo apresenta o resultado e a análise das informações coletadas em duas etapas da pesquisa: a Revisão Sistemática da Literatura – apresentada no item 4.1 – e o Estudo de Caso – apresentado no item 4.2.

4.1 – Revisão Sistemática da Literatura

A revisão sistemática da literatura foi realizada com o objetivo levantar informações que suportem a elaboração do modelo desenvolvido.

Segundo Abdel Basset, Manogaran e Mohamed (2018), o termo IoT foi definido em 1999 por Kevin Ashton (cofundador do *MIT Auto-ID Center* que apresentou o conceito de Embalagem Inteligente, fazendo uso de chips de RFID desenvolvidos em suas pesquisas).

Entre os 41 artigos selecionados para a análise, 24 são de 2021 (59%), e 17 (41%) foram publicados em 2020, como demonstrado na Figura 20. Apesar de reduzir a diferença em relação à amostra inicial, ainda se nota a predominância dos artigos publicados no ano mais recente.

Figura 20 – Número de Publicações por Ano



Fonte: Elaborado pela autora

Dentre os autores das pesquisas publicadas, não houve a predominância de nenhum autor. Na Tabela 1 são apresentados todos os autores que tiveram mais de uma publicação, todos com apenas duas publicações.

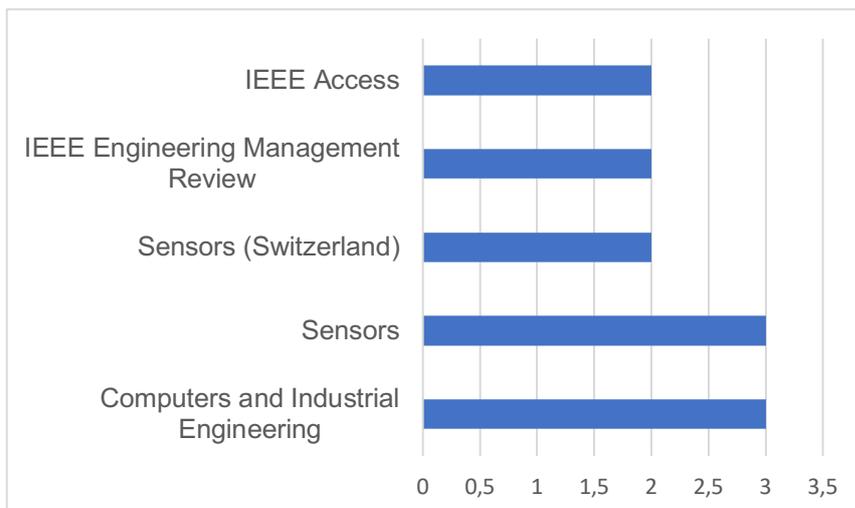
Tabela 1 – Autores com mais de uma publicação

Chen, Q.	2
Chen, Y.	2
Fallah, M.,	2
Huang, G.Q.	2
Liu, X.,	2
Nozari, H.,	2
Shokouhyar, S.,	2
Singh, R.,	2
Tsang, Y.-P.,	2
Wu, C.-H.,	2

Fonte: Elaborado pela autora

Com relação às revistas, há uma predominância de publicações na área de tecnologia. Na Figura 21 são apresentadas as revistas com maior número de publicações dentre os 41 artigos analisados, com destaque para a *Sensors* e a *Computers and Industrial Engineering*.

Figura 21 – Revistas com maior número de Publicações



Fonte: Elaborado pela autora

Dentre os artigos analisados, foi possível observar que alguns se destacaram em números de citações (apresentados na Tabela 2). O artigo que mais se destaca é o

de Mistry *et al.* (2021), que tem como coautor Tanwar, o pesquisador com mais pesquisas publicadas na amostra inicial de 182 artigos. Grande parte dos artigos com maior número de citações são de 2020, possivelmente por terem mais tempo para serem utilizados como referência. Apenas o artigo de Fatorachian e Kazemi foi publicado em 2021, sendo o segundo mais citado entre os artigos analisados.

Tabela 2 – Lista dos Artigos mais Citados

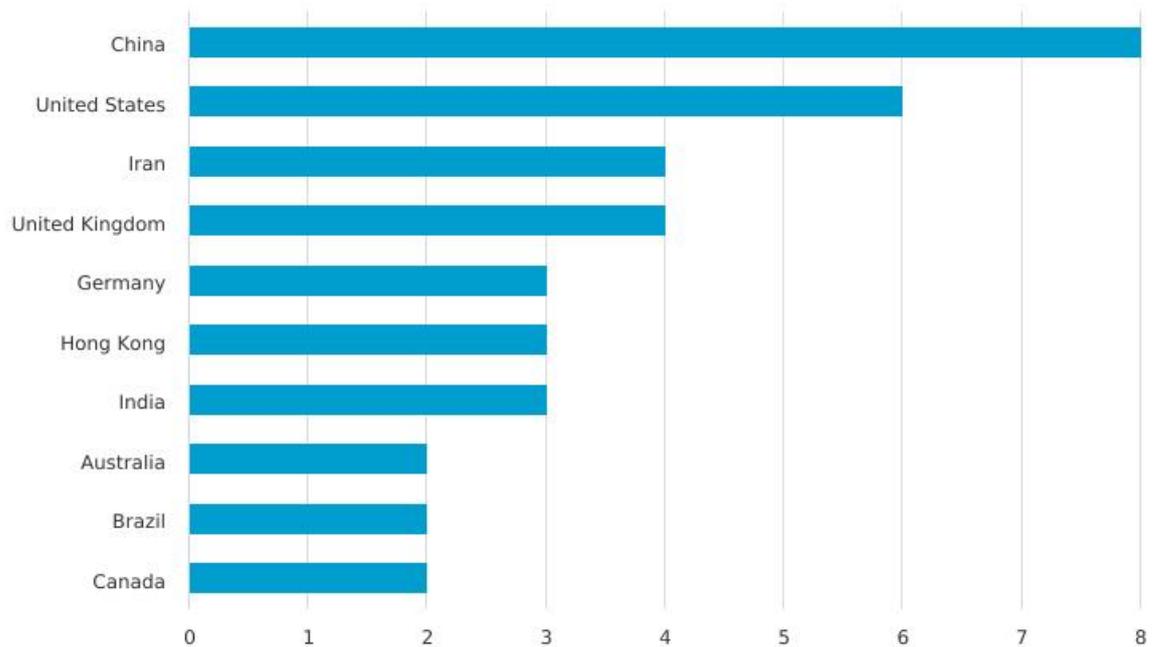
Autores	Título	Ano	Journal	Número de Citações
Mistry, I., Tanwar, S., Tyagi, S., Kumar, N.	<i>Blockchain for 5G-enabled IoT for industrial automation: A systematic review, solutions, and challenges</i>	2020	<i>Mechanical Systems and Signal Processing</i>	208
Fatorachian, H., Kazemi, H.	<i>Impact of Industry 4.0 on supply chain performance</i>	2021	<i>Production Planning and Control</i>	87
Mastos, T.D., Nizamis, A., Vafeiadis, T., Alexopoulos, N., Ntinis, C., Gkortzis, D., Papadopoulos, A., Ioannidis, D., Tzovaras, D.	<i>Industry 4.0 sustainable supply chains: An application of an IoT enabled scrap metal management solution</i>	2020	<i>Journal of Cleaner Production</i>	58
Mazzei, D., Baldi, G., Fantoni, G., Montelisciani, G., Pitasi, A., Ricci, L., Rizzello, L.	<i>A Blockchain Tokenizer for Industrial IOT trustless applications</i>	2020	<i>Future Generation Computer Systems</i>	42
Singh, R., Dwivedi, A.D., Srivastava, G.	<i>Internet of things based blockchain for temperature monitoring and counterfeit pharmaceutical prevention</i>	2020	<i>Sensors (Switzerland)</i>	39

Fonte: Elaborado pela autora

Com relação à origem das pesquisas utilizadas na análise, o país que se destaca é a China, seguida dos Estados Unidos, como apresentado na Figura 22.

As universidades que mais publicaram são apresentadas na Figura 23, sendo que a *The University of Hong Kong* e a *Hong Kong Polytechnic University* são as que possuem maior número de pesquisas, convergindo com o destaque da China como país de origem e com parte dos autores com mais de uma publicação.

Figura 22 – Países com maior número de Publicações



Fonte: Elsevier (2022)

Figura 23 – Publicações por Fonte de Financiamento

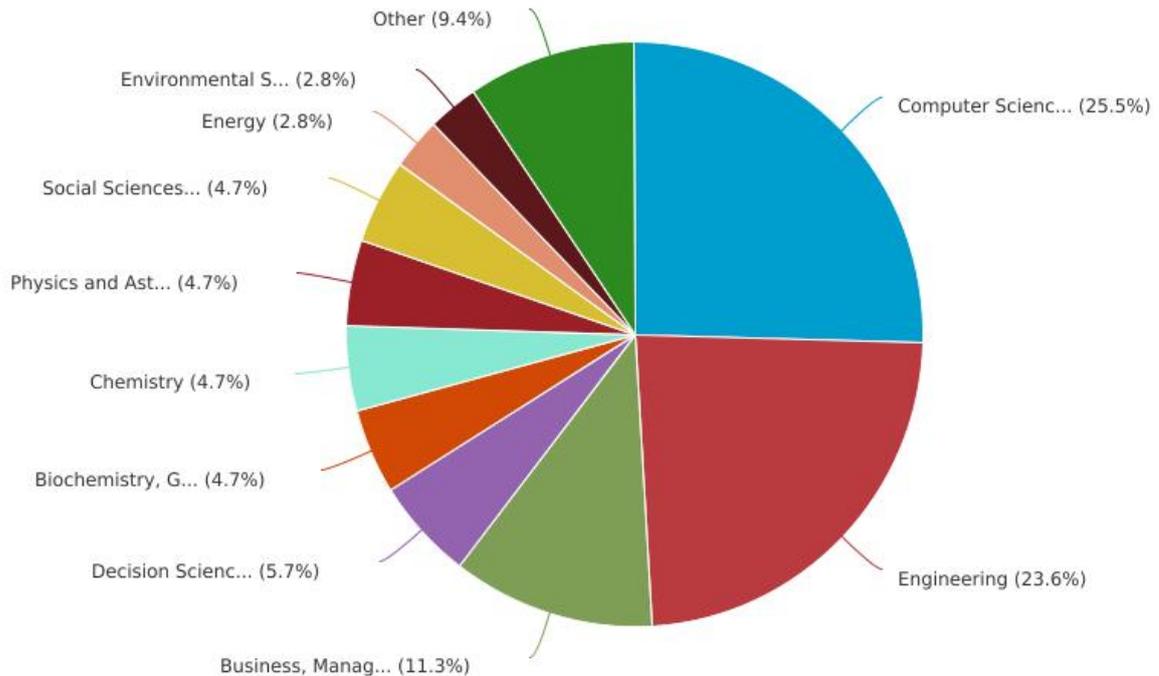


Fonte: Elsevier (2022)

A grande maioria das publicações está nas áreas de Ciência da Computação e Engenharias, somando 49,1% do total. As publicações na área de Negócios e Ciências Sociais somam apenas 15,1% do total analisado. A Figura 24 apresenta um

gráfico com os percentuais da classificação das áreas. Apesar de terem sido estabelecidas apenas algumas áreas como critério de seleção, a inclusão de novas áreas neste gráfico se dá pelo fato de algumas revistas se classificarem em mais de uma área.

Figura 24 – Total de Publicações por Área



Fonte: Elsevier (2022)

Neste momento será detalhado o oitavo passo do método: de síntese e interpretação dos dados.

Os critérios de análise foram estabelecidos de acordo com as questões propostas na etapa anterior de verificar os principais benefícios da IoT, os fatores que influenciam na implantação e também as tecnologias habilitadoras de Indústria 4.0 que são utilizadas em conjunto com a IoT.

Para adequação a proposta da pesquisa de verificar os benefícios da IoT de acordo com os processos do Modelo SCOR, a análise foi agrupada pelos processos-chave para melhor entendimento e contribuição com a pesquisa.

A análise das contribuições foi realizada para cada processo-chave de negócio levando em consideração os critérios da APICS (2017):

- O processo planejar envolve as atividades de suprimentos, infraestrutura e planejamento e alinhamento de demanda;
- O processo abastecer envolve compras, recebimento, inspeção, inventário, armazenagem e gestão de fornecedores;
- Para o processo produzir, são consideradas as atividades relacionadas à manufatura, tais como produção, testes, gestão de recursos e equipamentos necessários para a produção, questões envolvidas com a qualidade, capacidade produtiva e embalagem;
- O processo entregar envolve a gestão da demanda e de pedidos dos clientes, armazenagem, transporte e tudo o que estiver relacionado à entrega ao cliente;
- Retornar se relaciona ao retorno de materiais e produtos para a CS;
- Já o processo realizar envolve a implantação de tecnologias, viabilizar o processo de compras e o estudo de novos elementos na CS.

4.1.1 Principais Contribuições

Ao analisar as contribuições para o processo planejar, Weibhuhn e Hoberg (2021) e Qun Song *et al.* (2021) afirmam que a IoT tem a propriedade de melhorar os processos da CS através dos dados obtidos. Koot, Mes e Iacob (2021) salientam que o grande aumento do volume de dados é essencial para o entendimento das CS, cada vez mais complexas e mutáveis, possibilitando a aplicação de modelos analíticos que levam a melhores decisões, oportunidades de otimização e melhorias estruturais. O aspecto

de melhorar o planejamento e o processo decisório em toda a CS devido as informações em tempo real é destacado por diversos autores, entre os quais Gao, Q. *et al.* (2020), Shokouhyar, Pahlevani e Mir Mohammad Sadeghi (2020), Bhutta e Ahmad (2021), Colli *et al.* (2021), Fatorachian e Kazemi (2021), Nozari *et al.* (2021a), Tran-Dang e Kim (2021) e Zhou *et al.* (2021).

Azizi *et al.* (2021) complementam afirmando que o uso de dispositivos como o RFID (*radio frequency identification* – identificação por rádio frequência) anexados em objetos permite o rastreamento em todo o ciclo de vida. Através da informação precisa, o gerenciamento se torna mais eficiente, o que Koot, Mes e Iacob (2021) chamam de mapeamento do mundo real para o mundo virtual. A informação em tempo real e que pode ser acessada por sistema remoto permite o planejamento a distância. Koot, Mes e Iacob (2021) citam como exemplo de decisões a serem tomadas a possibilidade de remodelar o *layout* de uma fábrica utilizando a taxa de uso dos equipamentos, adaptar o *portfólio* de produtos com os padrões de demanda e até mesmo realocar instalações utilizando os dados de rastreamento.

A possibilidade de saber a identidade, a localização e o estado dos materiais durante todos os processos da CS são mencionados por Davies e Wang (2021) e permite um melhor planejamento dos recursos necessários.

Azizi *et al.* (2021), Koot, Mes e Iacob (2021), Krupitzer e Stein (2021), Nozari *et al.* (2021b) e Tran-Dang e Kim (2021) citam que os dados coletados permitem um melhor monitoramento e planejamento da vida útil dos equipamentos, assim como o aparecimento de defeitos no processo. Tran-Dang e Kim (2021) abordam o uso da IoT como uma ferramenta para digitalizar o mundo físico, e assim aprimorar a tomada de decisões nas operações logísticas de armazenagem, transportes e entrega de última milha, permitindo que os ajustes no planejamento possam ser realizados de forma rápida para se adequar as necessidades da demanda ou intercorrências que possam acontecer.

O uso dos dados coletados em tempo real na área de transportes é apresentado por Farquharson, Mageto e Makan (2021), o que proporciona benefícios como a redução de riscos, adaptabilidade, redução de custos, visibilidade de todo o processo e

agilidade. A adaptabilidade e a visibilidade de todo o processo facilitam o planejamento e permitem que ações coordenadas de transbordo possam ser planejadas.

Birkel e Hartmann (2020) e El Midaoui *et al.* (2021) enfatizam benefícios proporcionados pela rastreabilidade. Os aspectos citados incluem melhor visibilidade do transporte, gestão flexível, a possibilidade de resolver problemas de forma rápida, ter informações mais precisas sobre a matéria-prima utilizada, melhorando assim o nível de confiabilidade de compradores e a qualidade dos serviços prestados. Koncar *et al.* (2020) complementam com os ganhos proporcionados pelo rastreamento para outras áreas, incluindo a visibilidade dos estoques, maior rentabilidade, transparência e visibilidade dos dados para todos os elos da CS. A visibilidade proporcionada pelo rastreamento permite um planejamento mais assertivo do transporte, dos estoques e da demanda em virtude das informações em tempo real.

Segundo He, Xue e Gu (2020), observar as informações em tempo real permite mobilizar recursos e capacidade de produção em um espaço e tempo mais precisos.

O uso da IoT, segundo Yerpude e Singhal (2021), auxilia a reduzir os erros de previsão e a obter maior agilidade no atendimento ao cliente, mesmo com demanda variada.

Nas cadeias de suprimentos de alimentos e bens de consumo, a plataforma IoT interliga todos os elos da CS por meio de sensores no próprio produto ou nas embalagens, promovendo a visibilidade de todo o processo até o varejista, reduzindo o contato físico entre os elos, o que foi essencial no período de pandemia e permitiu fornecer informações sobre a flutuação da demanda (KONCAR *et al.*, 2020).

Outro uso da IoT é com relação ao gerenciamento de riscos em toda a CS, destacado por Birkel e Hartmann (2020) devido ao aumento do volume de dados e da variedade de fontes que os mesmos podem ser coletados. Esse aumento nas informações melhora os processos e permite realinhamentos em casos de risco, mas também afeta o conhecimento dos riscos que podem ocorrer devido ao maior número de informações que podem ser recebidas (BIRKEL; HARTMANN, 2020).

Com relação ao processo abastecer, Shahzad, Zhang e Gherbi (2020) destacam o uso da IoT para garantir a aderência dos produtos com relação à qualidade durante todo o processo de transporte e armazenagem por meio do rastreamento e monitoramento. Birkel e Hartmann (2020) citam a possibilidade de as empresas das CS terem transparência em tempo real como um benefício da IoT.

Azizi *et al.* (2021) mencionam que a IoT auxilia a garantir a qualidade dos produtos e a sua originalidade, o que reduz custos com relação a problemas de qualidade ou obtenção de produtos falsificados – fato apontado também por Singh, Dwivedi e Srivastava (2020), uma vez que classificam como um desafio crítico para a CS os produtos falsificados. As questões de qualidade e originalidade também são destacadas por Davies e Wang (2021), Liu, X *et al.* (2021) e Ouf (2021).

Já El Midoui *et al.* (2021) argumentam que ter informações mais precisas sobre a matéria-prima utilizada, além da qualidade dos produtos, melhora o nível de confiabilidade dos compradores e a qualidade dos serviços prestados. Birkel e Hartmann (2020) destacam como benefícios deste processo a mitigação de riscos com melhor seleção dos fornecedores e uma coordenação aprimorada da CS. As melhorias provenientes do monitoramento das informações em tempo real facilitam a gestão compartilhada dos armazéns (NOZARI *et al.*, 2021a).

O uso da IoT alinha o armazém real e o virtual, segundo Varriale *et al.* (2021), mostrando a presença atual dos produtos, o que facilita o inventário e reduz problemas com interrupção de mercadorias e ineficiências. Lyu *et al.* (2020) e Gao, Q. *et al.* (2020) explicam que cada item recebe um código de identificação responsável por armazenar todas as informações relativas a ele em um servidor. Tal rastreabilidade, segundo Correa *et al.* (2020), facilita o uso de armazéns compartilhados, a rastreabilidade dos estoques e a transparência das informações.

Shahzad, Zhang e Gherbi (2020) citam a IoT como uma solução para melhorar o gerenciamento de armazéns, permitir a conectividade entre os objetos e possibilitar o aumento da eficiência do sistema. Jagtap, Garcia-Garcia e Rahimifard (2021) utilizam a IoT na indústria de alimentos para apoiar a eficiência dos recursos, especialmente através do consumo de energia e água.

Zhou *et al.* (2021) destacam a economia com custos, estoque reduzido e tempo de entrega reduzido.

Dentre os diferentes usos da IoT, Correa *et al.* (2020) mencionam o rastreamento de cargas. Farquharson, Mageto e Makan (2021) salientam o monitoramento dos ativos durante o frete. Segundo os autores, a IoT possibilita a comunicação de veículo para veículo, de veículo para pessoa e de veículo para infraestrutura, facilitando a tomada de decisões e aumentando a adaptabilidade e agilidade.

A responsabilidade da gestão do monitoramento e rastreamento dos veículos é da transportadora (GAO, Q. *et al.*, 2020). O uso da IoT permite o monitoramento de diversos fatores durante o processo de transportes, o que possibilita um realinhamento de rotas quando necessário e garante a qualidade e procedência do produto (KRUPITZER; STEIN, 2021 e EL MIDAOUJI *et al.*, 2021).

O sistema de IoT, segundo Bhutta e Ahmad (2021) e Correa *et al.* (2020), fornece informações em tempo real como umidade, temperatura, pressão e condições do ambiente que são acessadas remotamente. Com as informações, os gerentes podem prever a data e hora do destino (LYU *et al.*, 2020; BHUTTA; AHMAD, 2021). Varriale *et al.* (2021) e Fatorachian e Kazemi (2021) complementam que o monitoramento permite que as empresas atuem imediatamente caso ocorra algum problema de interrupção. Fatorachian e Kazemi (2021) destacam a possibilidade de ajustes de rotas para garantir a segurança do produto, sua qualidade e a velocidade de entrega. Munuzuri *et al.* (2020) tratam do transporte intermodal, em que o rastreamento permite a redução da permanência da carga nos terminais, redução dos tempos ociosos dos equipamentos de transbordo e problemas com cargas faltando ou danificadas. Correa *et al.* (2020) destacam a gestão das frotas, fator que pode reduzir custos e economizar tempo.

Segundo Munuzuri *et al.* (2020), a IoT proporciona maior flexibilidade e resiliência porque os planos de transporte podem ser modificados a qualquer momento, o que reduz as incertezas e a necessidade de seguros.

No processo produzir, Nozari *et al.* (2021a) e Qun Song *et al.* (2021) destacam as melhorias provenientes do monitoramento das informações em tempo real, que permitem maior controle e eficiência da produção e facilitam a gerência do processo. Krupitzer e Stein (2021) e Jagtap, Garcia-Garcia e Rahimifard (2021) complementam que essas informações são utilizadas para lidar, de forma rápida, com falhas de máquinas e aparecimento de defeitos no processo.

Para He, Xue e Gu (2020), o uso da IoT está promovendo grandes mudanças na manufatura, na competição empresarial e nos modelos de negócios, formando novos modos de produção e pontos de crescimento econômico.

Os dados coletados pela IoT através do monitoramento dos equipamentos resultam em um melhor planejamento da vida útil dos mesmos (KRUPITZER; STEIN, 2021).

Segundo Shokouhyar, Pahlevani e Mir Mohammad Sadeghi (2020), os diferentes sensores realizam a coleta das informações em tempo real, tais como posição, estoque e uso de energia. Jagtap, Garcia-Garcia e Rahimifard (2021) mencionam a rastreabilidade dos materiais e o consumo de energia e de água no processo produtivo.

Assim, é possível reduzir os custos dos processos que podem ocorrer com produtos defeituosos (Azizi *et al.*, 2021) e garantir que apenas produtos aprovados pela qualidade passem para o armazenamento (ASSAQTY *et al.*, 2020).

Além de melhor qualidade nos produtos, serviços e tomada de decisão, Shokouhyar, Pahlevani e Mir Mohammad Sadeghi (2020) mencionam que a IoT facilita o processo de inovação, reduz os custos com planejamento, promove a redução de refugo e retrabalho, melhora o consumo de energia, minimiza os impactos ambientais, reduz estoques e promove maior segurança física e qualidade dos produtos.

Tais benefícios proporcionados pela visibilidade dos dados em tempo real derivam também em maior transparência na CS pela aplicação do rastreamento e monitoramento (SHOKOUHYAR; PAHLEVANI; MIR MOHAMMAD SADEGHI, 2020).

Krupitzer e Stein (2021) enfatizam os benefícios da rastreabilidade, do monitoramento dos transportes e do suporte a uma produção mais flexível. Os autores trabalham a indústria de alimentos e enfatizam que a IoT consegue integrar todos os processos da indústria alimentar para coletar dados, controlar e ajustar os processos, realizando controles de requisitos específicos dos produtos, do ambiente e dos processos para manter a qualidade dos produtos na logística interna e externa. Com um trabalho desenvolvido na indústria alimentar Jagtap, Garcia-Garcia e Rahimifard (2021) mencionam que a tecnologia ajuda na redução de resíduos alimentares. Nozari *et al.* (2021b) destacam ainda a redução dos fluxos e da perda de materiais.

A IoT auxilia as indústrias, de acordo com Dwivedi *et al.* (2021), melhorando a coleta da dados, a coordenação dos equipamentos, o controle de qualidade e reduzindo os custos.

A interconexão entre as empresas proporcionada pela IoT gera maior transparência das informações e abre caminho para a personalização e a customização, assim como para a implantação de novos modelos de negócios, com o aproveitamento da capacidade produtiva através da produção descentralizada (HE; XUE; GU, 2020).

A influência da IoT também foi analisada no processo Entregar. As colaborações com relação à armazenagem já foram descritas no processo abastecer e permanecem as mesmas para o entregar. O diferencial está no transporte que se concentra agora na relação com o cliente.

Ahmed *et al.* (2021) citam que é possível, através da troca dos dados coletados em campo e automaticamente, dar visibilidade aos elos da CS. Os dados podem ser utilizados para traçar o caminho, saber as condições do transporte e para tomar decisões automáticas em caso de incidentes ou erros de processo. Krupitzer e Stein (2021) mencionam a capacidade de realizar o realinhamento de rotas.

Nozari *et al.* (2021b) explicam que a IoT realiza o rastreamento dos veículos de distribuição e o monitoramento das condições das estradas, permitindo assim garantir mecanismos de segurança para mercadorias valiosas, eliminar as ineficiências e reduzir o consumo de energia e a poluição. Bhutta e Ahmad (2021) complementam

que as informações são sobre as condições ambientais, temperatura, umidade, pressão e outros parâmetros, que são detectados remotamente e enviados aos gerentes em tempo real. Assim é possível monitorar a remessa e prever a data e hora do embarque, da origem e do destino, incluindo as escalas (BHUTTA; AHMAD, 2021). A IoT pode trazer os benefícios de melhor atendimento aos clientes, redução de riscos e de custos ao setor de transportes (FARQUHARSON; MAGETO; MAKAN, 2021; AHMED *et al.*, 2021).

Davies e Wang (2021) e Munuzuri *et al.* (2020) salientam o monitoramento proporcionado pela IoT como uma importante ferramenta para o controle de embarques e tomada de decisão. Munuzuri *et al.* (2020) mencionam que as informações podem ser compartilhadas com os clientes, agregando valor a eles, que por sua vez podem se programar melhor.

Tran-Dang e Kim apresentam o fato de as remessas serem monitoradas de ponta a ponta, garantindo assim a qualidade dos produtos. Qun Song *et al.* (2021) citam melhorar a eficácia no transporte inteligente de mercadorias e pessoas. Já Zhou *et al.* (2021) destacam a economia com custos, o estoque reduzido e o tempo de entrega reduzido.

Colli *et al.* (2021) realçam que a IoT permite criar laços mais profundos com fornecedores e clientes, aumentando a capacidade de resposta às necessidades dos clientes, antes que estas sejam reportadas.

Weibhuhn e Hoberg (2021) desenvolvem uma proposta de estruturar um VMI para B2C que demonstrou ganhos no processo de reabastecimento de seus clientes, destacando o uso das informações do ponto de consumo para um reabastecimento automatizado, processo que recebeu o nome de reabastecimento inteligente. Segundo Weibhuhn e Hoberg (2021), com o uso da IoT é possível otimizar o processo de inventário e melhorias nos níveis de serviço sem sobrecarregar os clientes com estoques.

Durante a revisão, também foram encontradas contribuições para o processo de retorno.

Segundo Mastos *et al.* (2020), os benefícios do IoT no processo de gerenciamento de resíduos permitiram a automação do monitoramento do nível de sucata produzida e resultaram no melhor aproveitamento de recursos, economia com caixas e transporte para a coleta, resultando na redução de custo e do CO₂ com o melhor aproveitamento e roteirização do transporte. Shokouhyar, Pahlevani e Mir Mohammad Sadeghi (2020) denominaram de lixo inteligente o projeto em que sensores nas latas de lixo verificam os materiais que elas possuem, o quanto estão cheias e os gases emitidos, colaborando para uma gestão mais eficiente de resíduos.

Com o uso de dispositivos IoT, Nozari *et al.* (2021a) apontam que é possível facilitar a recuperação de resíduos. A visibilidade de todo o processo proporcionada pela IoT também auxilia nos processos de *recall* – quando necessários por problemas de qualidade (DAVIES; WANG, 2021).

Uma proposta diferente foi descrita por Long *et al.* (2021), que utilizaram a IoT para viabilizar o serviço de locação de paletes para diferentes empresas, conseguindo gerenciar o nível do seu estoque em cada cliente e obter o retorno de todos os materiais, reduzindo os resíduos industriais e fazendo a logística reversa de paletes de forma eficiente.

O processo realizar envolve viabilizar o uso de novas tecnologias e de novos elos na CS. Com relação às tecnologias, todos os artigos discutidos apresentaram o uso da IoT nos outros cinco processos-chave. O uso de outras tecnologias integradas à IoT será discutido a seguir na resposta da terceira questão da pesquisa proposta.

Segundo Weibhuhn e Hoberg (2021) e Nakayama, de Mesquita Spínola e Silva (2020), o uso da IoT permite um novo modelo de negócio baseado em serviços, além de poder planejar melhor os recursos com as informações de consumo obtidas em tempo real. A possibilidade de implantar novos modelos de negócios baseado em serviços também é ressaltado por Wu, C. *et al.* (2021) e Long *et al.* (2021).

Colli *et al.* (2021) destacam que a IoT permite criar laços mais profundos com fornecedores e clientes, aumentando a capacidade de resposta às necessidades dos clientes antes que estas sejam reportadas.

No campo estratégico, Zhou *et al.* (2021) salientam o uso da IoT como componente para reduzir riscos e aumentar a cooperação.

Com as informações coletadas nos artigos foi possível verificar que a tecnologia proporciona benefícios em todos os processos-chave do Modelo SCOR e quais são tais contribuições.

4.1.2 Fatores que podem influenciar na seleção da IoT

Uma segunda questão foi colocada no início da revisão sistemática com relação aos fatores que podem influenciar na seleção destas tecnologias para a sua implantação.

A análise foi dividida em dois fatores: culturais e questões de segurança e infraestrutura.

Segundo Birkel e Hartmann (2020), a pressão existente em ambientes competitivos, complexos e com alta volatilidade aumentam a importância do uso de tecnologias como a IoT.

Entre os fatores culturais, o medo do compartilhamento total dos dados foi citado por Weibhuhn e Hoberg (2021) e Bhutta e Ahmad (2021).

Colli *et al.* (2021) afirmam que a integração de tecnologias digitais exige uma modernização das empresas, sendo necessária a análise dos seus sistemas atuais e o objetivo da aplicação da tecnologia.

Nozari *et al.* (2021b) e Koncar *et al.* (2020) afirmam a necessidade de rever os limites industriais, de organização da CS e de adaptar modelos de negócio para um novo posicionamento com o uso da IoT.

Outro aspecto importante analisado foi apresentado por Birkel e Hartmann (2020): a existência de uma cultura de aprendizagem na organização e o compromisso com uma mente aberta e visão compartilhada.

El Midaoui *et al.* (2021), Dwivedi *et al.* (2021) e Zhou *et al.* (2021) apresentam sobre a importância de manter a transparência e a cooperação com o fluxo de informações entre os elos da CS. Por outro lado, Qun Song *et al.* (2021) salientam a falta de confiança entre empresas que ainda são desconhecidas

Já Mastos *et al.* (2020) afirmam que a questão cultural já foi citada como um problema para a instalação da tecnologia envolvendo o monitoramento de diferentes empresas. Na pesquisa que realizaram, Mastos *et al.* (2020) não tiveram este problema, e para isso deixaram bem claro os benefícios do uso da tecnologia para as duas empresas e investiram em treinamentos para todos os envolvidos. Assim, torna-se importante o aspecto levantado por El Midaoui *et al.* (2021) de analisar e desenvolver a maturidade dos diferentes elos da CS para o uso da IoT.

Birkel e Hartmann (2020) citam que a implementação da IoT requer uma abordagem compartilhada e com relação ganha-ganha, e destaca que o papel de coordenar este trabalho deve ser da empresa focal, assim como do estabelecimento da cultura, para que assim o vínculo se torne abrangente dentro e entre as empresas.

As questões de conscientização devem extrapolar os limites da empresa e, segundo Koncar *et al.* (2020), abranger todos os participantes da CS, os consumidores finais e o mercado.

Weibhuhn e Hoberg (2021) mencionam a mudança de cultura dos clientes, que está passando de um modelo de compras para um modelo de serviços. Outro processo de mudança que afeta a cultura dos clientes é que em alguns casos, nos modelos que passaram de vendas de produtos para serviços, a decisão de compra passa a ser do fornecedor ao invés do comprador, o que pode gerar resistências.

Com relação à segurança e infraestrutura, as análises envolvem principalmente aspectos de investimento, posse da informação e limites tecnológicos.

A preocupação com a segurança e a privacidade das informações devido ao uso por diferentes elos da CS foi citada por Nozari *et al.* (2021a), Liu, X. *et al.*, (2021), Azizi *et al.* (2021), Varriale *et al.* (2021), Davies e Wang (2021), Nozari *et al.* (2021b), Shahzad, Zhang e Gherbi (2020), Reyes, Visich e Jaska (2020) e Mazzei *et al.* (2020). Krupitzer e Stein (2021) explicam que um repositório central de dados pode se tornar uma falha de segurança assim como um gargalo do processo.

A segurança vai além dos limites da empresa. Varriale *et al.* (2021), Koncar *et al.* (2020) e Mazzei *et al.* (2020) mencionam a preocupação com os cuidados com o domínio dos dados dos consumidores. Azizi *et al.* (2021) mencionam os cuidados com os aspectos legais e questões regulatórias com relação à propriedade e compartilhamento dos dados.

Sobre a infraestrutura, Farquharson, Mageto e Makan (2021) faz a provocação acerca do desafio de gerenciar uma grande quantidade de dados e transformá-los em informações que realmente auxiliarão na tomada de decisões. Preocupação alinhada com a perspectiva apresentada por Nozari *et al.* (2021a) e Nozari *et al.* (2021b) de se realizar a correta interpretação de dados.

Os problemas com a escalabilidade que podem ocorrer devido ao grande volume de dados gerados são mencionados por Nozari *et al.* (2021a), Nozari *et al.* (2021b), Edussuriya *et al.* (2020) e Shahzad, Zhang e Gherbi (2020). Shokouhyar, Pahlevani e Mir Mohammad Sadeghi (2020) complementam que, quanto mais pontos de conectividade, mais difícil fica o controle.

Também devem ser levados em consideração os riscos gerados por falhas de energia ou falta de bateria no dispositivo, mencionados por Nozari *et al.* (2021a), El Midaoui *et al.* (2021) e Nozari *et al.* (2021b) – assim como os riscos advindos de falhas de comunicação de rede, destacados por Nozari *et al.* (2021a), El Midaoui *et al.* (2021), Nozari *et al.* (2021b) e Koncar *et al.* (2020).

Outros problemas podem surgir e devem ser analisados pelos gestores com relação à falta de padrões para o uso da tecnologia mencionados por Azizi *et al.* (2021), Varriale *et al.* (2021), Farquharson, Mageto e Makan (2021) e Koncar *et al.* (2020); ao

baixo poder computacional das empresas, apresentado por Azizi *et al.* (2021) e Končar *et al.* (2020), e à capacidade de armazenamento dos dispositivos, citados por Azizi *et al.* (2021), Nozari *et al.* (2021b) e Edussuriya *et al.* (2020)

A segurança dos dispositivos com relação à *malware* e ataques cibernéticos foram mencionados por Davies e Wang (2021), Farquharson, Mageto e Makan (2021), Dwivedi *et al.* (2021) e Koncar *et al.* (2020).

Acerca da segurança envolvendo outros elos da CS, Qun Song *et al.* (2021) refletiram sobre a dificuldade de gerenciar a segurança de uma rede para não ser acessada por outros dispositivos, e Davies e Wang (2021) citaram o problema do uso de *softwares* não seguros por outros elos. Casos relacionados à necessidade de existir um protocolo confiável ao conectar todos os objetos físicos ao sistema IoT foram descritos por Long *et al.* (2021) e Azizi *et al.* (2021).

É preciso antecipar situações como a possibilidade de receber material ou dados corrompidos (QUN SONG *et al.*, 2021). Segundo Dwivedi *et al.* (2021), tanto o dispositivo quanto os dados podem ser alvos dos invasores.

Os desafios apresentados demonstram a necessidade de as organizações manterem uma infraestrutura sofisticada para suportar o uso da IoT, como apresentam Farquharson, Mageto e Makan (2021), Koncar *et al.* (2020) e Birkel e Hartmann (2020). Fica então a reflexão sobre os custos da infraestrutura mencionados por Davies e Wang (2021), Farquharson *et al.* (2021), Koncar *et al.* (2020), Birkel e Hartmann (2020), Reyes, Visich e Jaska (2020) e Shokouhyar, Pahlevani e Mir Mohammad Sadeghi (2020), assim como sobre a necessidade de uma equipe habilitada para trabalhar com a tecnologia (FARQUHARSON; MAGETO; MAKAN, 2021; KONCAR *et al.*, 2020).

4.1.3 Tecnologias utilizadas de forma combinada com a IoT

A terceira questão apresentada para a análise dos dados foi com relação a quais tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 podem ser utilizadas de forma combinada à IoT, com aplicações voltadas a ganhos na SCM.

A tecnologia com maior apresentação nos artigos analisados foi o *Blockchain*, mencionado por Long *et al.* (2021), Wu, C. *et al.* (2021), Krupitzer e Stein (2021), El Midaoui *et al.* (2021), Liu, X. *et al.*, (2021), Colli *et al.* (2021), Tran-Dang e Kim (2021), Ahmed *et al.* (2021), Qun Song *et al.* (2021), Ouf (2021), Azizi *et al.* (2021), Varriale *et al.* (2021), Davies e Wang (2021), Bhutta e Ahmad (2021), Dwivedi *et al.* (2021), Varriale *et al.* (2021), Edussuriya *et al.* (2020), Assaqtly *et al.* (2020), Singh, Dwivedi e Srivastava (2020), Mazzei *et al.* (2020), Shahzad, Zhang e Gherbi (2020) e Mistry *et al.* (2020).

Azizi *et al.* (2021) mencionam que o *blockchain* pode proporcionar maior segurança e garantir a confiabilidade de dados e o registros de transações, proporcionando assim a possibilidade de transações mais rápidas e seguras e garantir a qualidade e a originalidade dos produtos.

Segundo Long *et al.* (2021) e Wu, C. *et al.* (2021), o *blockchain* é uma alternativa eficaz para a autenticação de dados e produtos. Krupitzer e Stein (2021), El Midaoui *et al.* (2021) e Liu, X. *et al.* (2021) citam a importância do *blockchain* para garantir segurança dos dados, a rastreabilidade e a procedência dos produtos. Colli *et al.* (2021) ressaltam sua importância para manter a transparência de ponta a ponta na cadeia de suprimentos, e Wu, C. *et al.* (2021) como ferramenta para estabelecer a confiança entre as partes interessadas.

Outras tecnologias mencionadas nos artigos estão aqui apresentadas. A Inteligência Artificial (AI) foi abordada por Krupitzer e Stein (2021), Koot, Mes e Iacob (2021), Tran-Dang e Kim (2021), Birkel e Hartmann (2020) e Koncar *et al.* (2020).

O uso do *Big Data* em conjunto com a IoT é tratado pelos autores Koot, Mes e Iacob (2021) Tran-Dang e Kim (2021), Varriale *et al.* (2021), Nozari *et al.* (2021a), Nozari *et al.* (2021b), Dwivedi (2021), Munuzuri *et al.* (2020), Correa *et al.* (2020) e He, Xue e Gu (2020).

Já a Computação em Nuvem é mencionada por Tran-Dang e Kim (2021), Liu, X. *et al.*, (2021), Nozari *et al.* (2021a), Nozari *et al.* (2021b), Zou *et al.* (2021), Dwivedi (2021), Zou *et al.* (2021), Koncar *et al.* (2020), Shahzad, Zhang e Gherbi, (2020), He, Xue e Gu (2020) e Correa *et al.* (2020).

Os sistemas ciber físicos são apontados por Tran-Dang e Kim (2021), Varriale *et al.* (2021), Nakayama, de Mesquita Spínola e Silva (2020) e Fatorachian e Kazemi (2021). O *Machine Learning* (ML) aparece nos artigos de Krupitzer e Stein (2021), Bhutta e Ahmad (2021) e Dwivedi (2021).

Outras tecnologias são menos citadas, como o *Fog Computing* e o *Deep Learning* (DL), mencionadas por Mazzei *et al.* (2020).

As tecnologias mencionadas nos artigos pelos autores são utilizadas em conjunto com a IoT para proporcionar novos benefícios à CS – tal como a IA, que pode auxiliar na tomada de decisões de forma automática e com base nas informações capturadas pela IoT. Outras tecnologias são empregadas para cobrir alguns problemas que podem surgir com o uso da IoT. O *blockchain* é aplicado para garantir as questões de segurança com a informação, enquanto o big data é utilizado para processar o grande volume de informações gerados pela IoT.

Cada um dos autores analisados contribuiu com questões diferentes da revisão sistemática de literatura. A Tabela 3 demonstra a contribuição de cada autor para a análise. Os pesquisadores que mais contribuíram foram Nozari *et al.* (2021a), Krupitzer e Stein (2021) e Davies e Wang (2021).

Tabela 3: Com qual etapa cada autor contribuiu na análise

Autor	Questão 1						Questão 2	Questão 3
	Planejar	Abastecer	Produzir	Entregar	Retorno	Realizar	Fatores culturais, segurança e infraestrutura	Tecnologias combinadas
1 - Weibhuhn e Hoberg (2021)	✓			✓		✓	✓	
2 - Nozari <i>et al.</i> (2021a)	✓	✓	✓		✓		✓	✓
11- Long <i>et al.</i> (2021)					✓	✓	✓	✓
12 - Krupitzer e Stein (2021)	✓	✓	✓	✓			✓	✓
13 – Liu, X. <i>et al.</i> (2021)		✓					✓	✓
14 - Colli <i>et al.</i> (2021)	✓			✓		✓	✓	✓
22 - Wu, C. <i>et al.</i> (2021)	✓					✓		✓
23 – Azizi <i>et al.</i> (2021)	✓	✓	✓				✓	✓
31 - El Midaoui (2021)	✓	✓					✓	✓
33 – Yerpude e Singhal (2021)	✓							
35 - Ouf, S. (2021)		✓						✓
38 - Varriale <i>et al.</i> (2021)		✓					✓	✓
48 - Jagtap, Garcia-Garcia e Rahimifard (2021)		✓	✓					
52 - Davies e Wang (2021)	✓	✓		✓	✓		✓	✓
53 - Koot, Mes e Iacob (2021)	✓							✓
56 – Ahmed <i>et al.</i> (2021)				✓				✓
66 – Qun Song <i>et al.</i> (2021)	✓		✓	✓			✓	✓
67 - Zhou <i>et al.</i> (2021)	✓	✓		✓		✓	✓	✓
75 – Farquharson, Mageto e Makan (2021)	✓	✓		✓			✓	
78 - Tran-Dang e Kim (2021)	✓			✓				✓
89 - Dwivedi <i>et al.</i> (2021)			✓				✓	✓

99 - Bhutta e Ahmad (2021)	✓	✓		✓			✓	✓
100 – Nozari <i>et al.</i> (2021b)	✓		✓	✓			✓	✓
115 – Fatorachian e Kazemi (2021)	✓	✓						✓
128 – Mastos <i>et al.</i> (2020)					✓		✓	
130 - Assaqty <i>et al.</i> (2020)			✓	✓				✓
131 - Koncar <i>et al.</i> (2020)	✓						✓	✓
132 - Edussuriya <i>et al.</i> (2020)							✓	✓
137 – Lyu <i>et al.</i> (2020)		✓						
138 - Singh, Dwivedi e Srivastava (2020)		✓						✓
140 – Shahzad, Zhang e Gherbi (2020)		✓					✓	✓
145 – Birkel e Hartmann (2020)	✓	✓					✓	✓
147 - Nakayama, de Mesquita Spinola e Silva (2020)	✓					✓		✓
155 – Mazzei <i>et al.</i> (2020)	✓						✓	✓
156 - Shokouhyar, Pahlevani e Mir Mohammad Sadeghi (2020)	✓		✓		✓		✓	
158 - He, Xue e Gu (2020)	✓		✓					✓
164 – Gao, Q. <i>et al.</i> (2020)	✓	✓						
176 - Correa <i>et al.</i> (2020)		✓						✓
178 – Reyes, Visich e Jaska (2020)							✓	
181 – Mistry <i>et al.</i> (2020)								✓
182 - Munuzuri <i>et al.</i> (2020)		✓		✓				✓
Autor	Planejar	Abastecer	Produzir	Entregar	Retorno	Realizar	Fatores de decisão	Tecnologias combinadas

Fonte: Elaborada pela Autora

4.2 – Estudo de Caso

Este tópico apresenta as informações obtidas no estudo de caso realizado em uma empresa que utiliza a tecnologia IoT e pertencente à cadeia de suprimentos do setor automotivo. Por questões de confidencialidade, a empresa será denominada de Empresa A.

Trata-se de uma organização multinacional com planta situada no interior de São Paulo e atuação em diferentes segmentos. Possui a tecnologia e a inovação como valores enraizados em todas as áreas de atuação, oferecendo como parte do seu portfólio produtos e serviços para a Indústria 4.0. A empresa está no Brasil há mais de 60 anos e possui mais de 8.000 colaboradores no território nacional. A planta utilizada no estudo é uma fábrica de peças para o setor automobilístico.

O estudo foi realizado a partir de diferentes formas de coleta de informações. Foi realizada uma pesquisa documental no site da empresa para conhecer melhor a organização, seu posicionamento no mercado e com relação ao uso de tecnologias.

Também foi realizada uma visita à empresa, ocorrida em 2019, período anterior ao estudo. Todo o processo produtivo foi conhecido na oportunidade, e a empresa já utilizava a IoT. Não foi possível realizar uma nova visita devido a restrições de acesso ocasionadas pela pandemia de Covid-19.

Em se tratando de uma empresa de tecnologia, a IoT está presente hoje em grande parte dos segmentos da organização. Por pertencer ao setor automobilístico, a tecnologia ficou cada vez mais em evidência na planta selecionada para o estudo – que cobre parte de todo o desenvolvimento e trabalha com um produto que exige extrema segurança.

O respondente da pesquisa é gerente de operações da planta e atua na empresa há mais de 15 anos. Inicialmente foi enviado um questionário aberto estruturado, com questões voltadas a conhecer um pouco mais sobre o uso da tecnologia na organização e seu grau de digitalização (Questões no Apêndice 1 e repostas no

Apêndice 2). Após o retorno do questionário, foi realizada uma entrevista que elucidou e enriqueceu o conhecimento sobre a tecnologia e sobre o seu processo de implantação (transcrição no Apêndice 3). O objetivo do estudo de caso foi o de complementar e confirmar as informações coletadas na revisão sistemática.

Ao receber os produtos de seus fornecedores, a Empresa A marca as caixas de matéria-prima com um sensor de RFID, com a identificação e a quantidade de material em cada uma das caixas. As caixas passam a ser monitoradas remotamente até o momento em que é puxada para a produção. Os sensores são removidos e têm a memória formatada para um novo uso. O histórico fica registrado com o novo controle, responsável por acompanhar a etapa de produção.

A peça principal do componente já vem identificada do momento em que é produzida e, via integração de sistemas, algumas informações importantes que garantem sua qualidade e originalidade já são transferidas do fornecedor para a Empresa A.

Todo o processo produtivo está digitalizado, com o uso de inúmeros sensores utilizados em todos os equipamentos para acompanhamento do processo, o que irá facilitar o replanejamento em caso de atrasos, quebras e interrupções.

Além de demonstrar a produção, com a informação em tempo real de todas as máquinas, já são realizados todos os cálculos de tempo de processamento de cada peça, previsão de finalização do pedido e o registro dos equipamentos por onde a peça passou, em que momento e qual era o operador.

Todas as máquinas são equipadas com câmeras que identificam cada peça que está sendo produzida. Quando a peça entra na máquina para ser agregado um novo componente, ocorre a identificação deste através de sensores, e a checagem se está tudo correto e de acordo com o planejamento.

A produção está organizada por células. Assim, quando ocorre um problema em um equipamento, a célula para e as pessoas responsáveis pelo planejamento e pela manutenção já são automaticamente acionadas. Por exemplo: no processo de cravamento de peças, existem sensores que vão demonstrar a distância de

deslocamento da ferramenta e a força que foi exercida para esse material ser trabalhado. Esses dados vão para a nuvem e serão comparados com um controle de mínimo e máximo, gerando uma curva de tendência. Quando a tendência chega a um dos extremos, os setores de manutenção e planejamento são acionados.

É possível também um programa emitir ordens para outros programas para iniciarem atividades/serviços em paralelo.

Durante a visita, foi mencionado que os dados captados com a IoT e posteriormente analisados auxiliaram a Empresa A a obter um *layout*, o que gerou um aumento da produtividade em algumas células.

Os dados são armazenados em nuvem, com diferentes níveis de acesso pela CS *downstream*. A montadora tem acesso a muitas informações, e a assistência e os usuários conseguem acessar apenas uma parte das informações.

O processo de implantação da IoT iniciou pela necessidade dos controles internos. Hoje, a integração ocorre com alguns fornecedores, e a rastreabilidade das informações é transmitida para os clientes.

Para manter os critérios de análise, serão inicialmente detalhadas as observações realizadas com relação aos benefícios do uso da IoT para cada processo chave de negócio do SCOR.

O processo planejar foi amplamente discutido na entrevista realizada.

O entrevistado ressaltou a importância de captar as informações durante todo o processo produtivo para facilitar o processo decisório, conforme citado por Nozari *et al.* (2021a), Colli *et al.* (2021), Zhou *et al.* (2021), Tran-Dang e Kim (2021), Fatorachian e Kazemi (2021), Gao, Q. *et al.* (2020), Shokouhyar, Pahlevani e Mir Mohammad Sadeghi (2020), Koot, Mes e Iacob (2021) e Bhutta e Ahmad (2021).

Em um exemplo mencionado, o entrevistado ressaltou que a IoT facilita muito a vida do planejador atualmente. Isso ocorre pois hoje não é mais necessário ficar

procurando as informações, que já se encontram disponíveis. Os sensores as capturam em tempo real, cabendo ao planejador se preocupar apenas com a solução.

Os equipamentos também possuem sensores que captam as informações relevantes com relação ao seu funcionamento e desempenho e trabalham com valores mínimos e máximos para avaliar os padrões. Quando um equipamento se aproxima de um desses valores, o planejador e a manutenção são avisados para que possam tomar providências. A previsão de defeitos é mencionada por Krupitzer e Stein (2021), Tran-Dang *et al.* (2021), Koot, Mes e Iacob (2021) e Nozari *et al.* (2021b).

Outra colaboração da IoT é com relação a adequações no planejamento da demanda. O histórico dos dados coletados no processo produtivo, níveis de estoque e dados dos fornecedores permitem muitas análises. O respondente enfatiza que “não adianta ter dados e não olhar para eles”. Os dados demonstram tendências que vão nortear as decisões e usa como exemplo as flutuações de demanda. Ele enfatiza que a IoT permitiu reduzir os efeitos colaterais, uma vez que o planejador não precisa mais ficar preocupado em descobrir qual é a flutuação da demanda e buscar outras informações, mas usar o tempo para ter a solução para o problema. Este exemplo está alinhado ao que Yerpude e Singhal (2021) apresentam sobre o uso da IoT para reduzir os erros de previsão, mesmo com casos de demanda variada.

Uma observação importante revelada na entrevista foi que a IoT começou a ganhar cada vez mais força porque os registros já eram feitos fisicamente, e a tecnologia proporcionou o acesso aos dados de forma mais rápida, precisa e com melhores condições de como utilizá-los. O respondente afirmou ser “fantástico poder usar o que a empresa tem de bom para conseguir ganhar maturidade, reduzir custos e ter uma excelência operacional cada vez melhor”.

As colaborações da IoT também foram observadas no processo abastecer.

Todo componente que chega na empresa recebe um cartão RFID com o registro da quantidade de itens na caixa. Ao ser requisitado para a produção, a baixa é realizada na quantidade certa, evitando erros de inventário. O sistema é utilizado da entrada até o ponto de uso. Esta atividade está alinhada ao exposto por Varriale *et al.* (2021),

que apontam o fato de a IoT alinhar o armazém real ao virtual, facilitando o inventário e reduzindo problemas com a interrupção de mercadorias.

Os blocos de alumínio já vêm com QR Code e um histórico da liga e do material utilizado. Esse mesmo código é utilizado para a rastreabilidade em todo o processo produtivo. As informações obtidas pelos sensores durante o processo produtivo são inseridas, e seu histórico fica registrado para acesso por todos os elos da CS *downstream*. Em caso de problemas com as peças no futuro, será possível obter todo o histórico delas para análise e possíveis decisões. Assim, o estudo de caso confirma a possibilidade de saber a identidade, a localização e o estado dos materiais em toda a CS – conforme mencionado por Davies e Wang (2021) – e também os benefícios proporcionados pela rastreabilidade e por ter informações precisas sobre a matéria-prima, citados por El Midaoui *et al.* (2021) e Birkel e Hartmann (2020).

O caso também apresenta os ganhos proporcionados pelo rastreamento, a transparência e a visibilidade dos dados para todos da CS, conforme indicado por Koncar *et al.* (2020), assim como a capacidade de agilizar a tomada de decisões e aumentar a qualidade e as condições de segurança do produto, aspectos apontados por Shokoyhyar *et al.* (2020). Para a Empresa A é muito importante manter o histórico das condições da produção para garantir a qualidade da peça produzida. Neste histórico, constam as informações coletas pelos sensores para cada peça e em cada máquina por onde passou no processo de produção.

A Empresa A utiliza sistemas automatizados para detectar flutuações e agilizar o processo de tomada de decisões, reduzindo o impacto na CS. Em alguns aspectos, os sistemas da empresa interagem com os sistemas dos fornecedores, provendo alguns pontos de controle. Como mencionado por El Midoui *et al.* (2021), com a IoT é possível ter informações mais precisas sobre a matéria-prima utilizada, além da qualidade dos produtos e serviços prestados.

O uso da IoT na empresa pesquisada também é utilizado e apresenta benefícios para o processo produzir.

Os equipamentos também estão conectados e fornecem informações em tempo real de todo o processo produtivo. Os dados são arquivados, e sistemas automatizados realizam os estudos das tendências para avisar os devidos usuários em caso de tendências que demonstrem situações saindo do controle.

Essa informação é utilizada tanto pelo planejamento quanto pelas equipes de manutenção e de trabalhos para que ações preventivas sejam realizadas, evitando danos aos equipamentos e a geração de resíduos.

Toda a infraestrutura tem um custo para sua compra e instalação, mas garante a rastreabilidade e a qualidade dos produtos. Existem câmeras em todas as estações verificando se o componente que está sendo utilizado na fabricação está correto e se se não há pulos nas etapas de fabricação.

As etapas verificadas condizem com o afirmado por Nozari *et al.* (2021a) e Qun Song *et al.* (2021), segundo os quais a IoT permite maior controle e eficiência da produção e facilita a gerência do processo. Ademais, também confirmam o uso da tecnologia para permitir melhor monitoramento dos equipamentos (KRUPITZER; STEIN, 2021; DWIVEDI *et al.*, 2021), a redução de custos com produtos defeituosos e a garantia do produto final de qualidade (ASSAQTY *et al.*, 2020; Azizi *et al.*, 2021).

A IoT está presente em todos os processos da Empresa A. No processo entregar, a tecnologia permite o rastreamento de todo o processo até o envio do produto ao cliente.

As informações registradas no *QR code* são compartilhadas com os clientes e também com clientes de outras camadas até o consumidor final, cada um com o seu grau de acesso.

Os sistemas da empresa e do cliente também possuem interação para melhor programação da produção puxada, e para que os impactos com as flutuações de demanda sejam reduzidos.

Assim foi possível verificar que a IoT possibilita a troca dos dados coletados em tempo real e automaticamente de todas as etapas do processo produtivo, aumentando a

visibilidade aos elos da CS (AHMED *et al.*, 2021) e servindo como uma importante ferramenta de tomada de decisão, como mencionado por Davies e Wang (2021) e Munuzuri *et al.* (2020).

Outro benefício observado é em relação à redução dos riscos e melhor garantia da qualidade mencionados por Tran-Dang e Kim (2021), Farquharson, Mageto e Makan, 2021 e Ahmed *et al.* (2021), assim como a afirmação de Colli *et al.* (2021), que destacam o fato de a IoT permitir criar laços mais profundos com fornecedores e clientes.

Sobre o retorno, um aspecto importante é com relação ao histórico da peça. Toda peça deve ter o seu registro, que antes era realizado de forma manual. Com a IoT, o registro já fica guardado na nuvem e pode ser acessado por diferentes elos da CS, com níveis diferentes de acesso à informação. Essa atividade gera a visibilidade mencionada por Davies e Wang (2021), podendo auxiliar nos processos de *recall*.

O sexto processo de negócio do SCOR é o realizar. O entrevistado afirmou que a *timeline* do projeto foi muito acelerada com as demandas de acesso remoto geradas pela pandemia, e que a IoT pode ser aplicada a todos os nichos de negócios, sendo viabilizada – ou não – pelo retorno do investimento. Como exemplo, o entrevistado mencionou uma linha de produtos de peças de reposição para carros antigos que não utiliza a tecnologia IoT porque o retorno sobre o investimento não seria possível.

Além dos benefícios gerados a cada processo chave do SCOR, também foram analisados os outros aspectos que podem influenciar a decisão sobre a implantação da tecnologia. Na empresa foram observados os dois aspectos levantados na revisão sistemática da literatura: o aspecto cultural e o relacionado à segurança e infraestrutura.

A implantação da IoT nasceu na divisão estudada da Empresa A por uma necessidade de controle e foi muito incentivada pela alta direção nos últimos dois anos.

Segundo o respondente, um ponto chave para a implantação da IoT foi acreditar no projeto, além do fato de a empresa possuir uma cultura voltada à inovação. A

companhia acredita que a conexão é um caminho sem volta e investe massivamente em tecnologia, ao longo de todas as suas áreas de negócios

Um aspecto que certamente contribuiu foi o mercado de atuação, em que há muita competitividade e pela demanda de clientes por produtos de muita precisão e excelência operacional. Se o cliente exige, a empresa precisa fazer acontecer.

Segundo o respondente, se a empresa quer se tornar uma referência no mercado, a IoT se torna necessária. Ela dá condições de rastreabilidade, excelência operacional e redução nos custos de operação, apresentando vantagem competitiva perante a concorrência. Ele afirma que esse é o *mindset* que deve ser levado para outras empresas: ter o processo o mais conectado possível para poder ter maior excelência e assim obter a redução dos custos. Mesmo assim, falhas vão acontecer, e as informações estarão disponíveis na nuvem para ajudar a corrigir e buscar cada vez mais inovação.

A preocupação com a segurança da informação e do sistema existe porque ela pode paralisar a empresa e afetar todos os processos, inclusive alterando parâmetros do processo de produção. O acesso às informações da planta pode ser remoto de qualquer lugar. Para isso, um grande cuidado com a segurança é estabelecido pela empresa, com verificação automática de acessos, sessões de acesso, investimento em *cyber* segurança dos dispositivos instalados nos produtos e uma grande equipe em tempo integral cuidando da segurança no Brasil, nas Américas e na Europa, além de uma equipe Global.

Olhando para a implantação da tecnologia da Empresa A, foi possível observar a afirmação de Birkel e Hartmann (2020) que a pressão existente em ambientes competitivos aumenta a importância do uso de IoT. Também foi apresentado na entrevista o aspecto exposto por Birkel e Hartmann (2020) de que é preciso ter uma cultura de aprendizagem na organização para que a implantação aconteça com sucesso.

Os aspectos relacionados à segurança dos dispositivos e da informação foram mencionados na entrevista e foram apresentados por Nozari *et al.* (2021a), Liu, X. *et*

al., (2021), Azizi *et al.* (2021), Varriale *et al.* (2021), Davies e Wang (2021), Nozari *et al.* (2021b), Shahzad, Zhang e Gherbi (2020), Reyes, Visich e Jaska (2020) e Mazzei *et al.* (2020). A preocupação com relação a *malware* e ataques cibernéticos foram citados por Davies e Wang (2021), Farquharson, Mageto e Makan (2021), Dwivedi *et al.* (2021) e Koncar *et al.* (2020).

Outro desafio apresentado e confirmado por Farquharson, Mageto e Makan (2021), Nozari *et al.* (2021a) e Nozari *et al.* (2021b) foi com relação ao melhor aproveitamento da grande quantidade de dados gerados pela IoT.

O terceiro ponto foi acerca da terceira questão da análise: as tecnologias que são utilizadas de forma combinada com a IoT.

O respondente da Empresa A afirmou que três tecnologias já são utilizadas pela planta da companhia no Brasil: o Big Data, a Inteligência Artificial e a Robotização.

A IA foi mencionada por Krupitzer e Stein (2021), Koot, Mes e Iacob (2021), Tran-Dang e Kim (2021), Birkel e Hartmann (2020) e Koncar *et al.* (2020).

Outra tecnologia que foi observada foi a Computação em Nuvem, citada por Tran-Dang e Kim (2021), Liu, X. *et al.*, (2021), Nozari *et al.* (2021a), Nozari *et al.* (2021b), Zou *et al.* (2021), Dwivedi (2021), Zou *et al.* (2021), Končar *et al.* (2020), Shahzad, Zhang e Gherbi (2020), He, Xue e Gu (2020) e Correa *et al.* (2020).

Segundo o entrevistado, a quantidade de dados gerados pela empresa tem um volume “inimaginável alguns anos atrás”. Esses dados são enviados à matriz para o processo de pesquisa e desenvolvimento, além dos dados gerados para aplicação no processo fabril. O uso do *Big Data* em conjunto com a IoT é tratado pelos autores Koot, Mes e Iacob (2021) Tran-Dang e Kim (2021), Varriale *et al.* (2021), Nozari *et al.* (2021a), Nozari *et al.* (2021b), Dwivedi (2021), Munuzuri *et al.* (2020), Correa *et al.* (2020) e He, Xue e Gu (2020).

Em um processo de desenvolvimento de maturidade, a Empresa A está na fase de análise de dados para identificar potenciais de redução de custos e aumento de produtividade.

Algumas informações relevantes puderam ser observadas no processo da entrevista.

A Empresa A atua em um setor altamente competitivo e em um nicho de mercado em que a tecnologia se faz muito presente: o de carros semi ou totalmente autônomos. A companhia integra uma grande corporação que produz tecnologias e incentiva sua aplicação, e o uso da IoT faz parte da estrutura da empresa. Assim, a mentalidade para novas implantações é realizada sem grandes barreiras, sempre com visão de médio e longo prazo.

O respondente afirmou que é preciso ter cuidado com soluções milagrosas e saber qual a real necessidade do negócio, para que os benefícios com a instalação da IoT alcancem os objetivos desejados. É preciso conseguir encontrar a melhor produtividade com a tecnologia a ser empregada.

Como um dos desafios para a implantação da tecnologia, o respondente mencionou a curva de aprendizado dos colaboradores. O investimento da empresa deve acontecer não apenas na infraestrutura, mas também nas pessoas, para que saibam fazer o uso adequado da tecnologia e lidar com a mentalidade da inovação, de aprender a lidar com erros e aprimorar o gerenciamento de riscos. Parte do seu trabalho é encontrar pessoas com o perfil correto para as funções-chave (que detenham conhecimento acerca da Indústria 4.0).

Como sugestão, o entrevistado aborda a questão da formação do gestor, afirmando que hoje é preciso que gestores tenham uma formação para saber trabalhar com pessoas, além de uma formação técnica para conseguir conversar com o seu time. As pessoas que trabalham no nível de gestão vão precisar entender de tecnologia. Ele é engenheiro mecatrônico e hoje estuda mais sobre a gestão de pessoas. Sua formação o ajudou muito a conhecer o todo e conseguir conversar com as pessoas da parte técnica para trabalhar com a tecnologia.

Após a análise das informações obtidas na revisão sistemática de literatura e no estudo de caso, o capítulo 5, a seguir, apresenta um modelo para auxiliar os gestores a conhecerem mais sobre a influência da IoT.

5 CONSTRUÇÃO DO MODELO

A pesquisa realizada teve como objetivo desenvolver um modelo para avaliar o nível de aproveitamento dos benefícios decorrentes do uso da tecnologia IoT em apoio aos processos de negócio da Gestão da Cadeia de Suprimentos.

O conceito de SCM utilizado como base para a análise foi o apresentado por Cooper, Lambert e Pagh (1997) e Lambert, Cooper e Pagh (1998), em que a SCM é a integração dos processos de negócios em toda a CS que fornece produtos, serviços e informações com o objetivo de agregar valor aos clientes.

Assim, o modelo desenvolvido seguiu o alinhamento com os processos de negócios do modelo SCOR 12.0 em seu primeiro nível de detalhamento. O primeiro nível do SCOR é baseado no conhecimento da CS, com a identificação dos processos de negócios planejar, abastecer, produzir, entregar, retornar e realizar (PIRES, 2016; APICS, 2017; CORRÊA, 2019).

O modelo prescritivo está dividido seguindo os três eixos de abrangência da SCM proposto por Pires (2016): processos de negócios, organização e pessoas e tecnologias, iniciativas, práticas e sistemas.

No eixo de processos de negócios, o fio condutor foi a influência da IoT em cada um dos processos-chave de negócios do Modelo SCOR.

A proposta inicial da pesquisa não incluía o eixo de organização e pessoas, porém, durante a pesquisa, o fator cultural intra e inter organizacional se mostraram importantes para o processo. Então, neste eixo, serão trabalhados tais aspectos culturais, que têm impacto direto no uso IoT.

Quanto ao eixo tecnologias, iniciativas, práticas e sistemas, foram trabalhadas as questões de segurança e infraestrutura.

O modelo desenvolvido parte de um questionário de análise sobre o uso da IoT na estrutura atual da organização. Para o desenvolvimento, buscou-se manter um equilíbrio entre a quantidade de questões por critério avaliado. Após alguns rascunhos iniciais, chegou-se a um equilíbrio de cinco questões.

Para cada questão existem três possíveis respostas: N, que equivale a não ou nunca; P, que corresponde à resposta parcialmente; e I, que indica a resposta integralmente.

O respondente deve somar a pontuação de cada uma das questões para receber uma prescrição sobre a influência da IoT em sua organização. Cada resposta N equivale a 0 pontos; a resposta P tem o valor de 2 pontos; e a resposta I representa 4 pontos. A diferença de dois pontos para cada resposta tem a função de valorizar a diferença da soma dos pontos ao fim de cada bloco de cinco questões – que corresponde a um critério avaliado.

As questões, na forma apresentada ao gestor, estão representadas em duas páginas – e aqui exibidas como Figura 25 e Figura 26.

Já as prescrições, conforme apresentadas ao gestor, estão representadas em três páginas – aqui exibidas como Figura 27, Figura 28 e Figura 29.

O processo utilizado para o desenvolvimento das questões e das prescrições estão apresentados a seguir nos itens 5.1 e 5.2.

Figura 25 - Modelo de análise da Influência do uso da IoT na SCM – Página 1

Modelo Prescritivo de Influência da IoT

Como utilizar - Faça uma avaliação do processo atual existente na organização selecionando N para resposta Não ou Nunca, P para utiliza parcialmente e I para utiliza Integralmente. Após as respostas, some a pontuação de cada processo e verifique as prescrições.
Para cada processo-chave de negócios do Modelo SCOR, na coluna influência, a frente de cada questão, estão os aspectos das Indústria 4.0 que podem ser desenvolvidos caso a empresa utilize integralmente a tecnologia da forma questionada. I = Interoperabilidade; D = descentralização; V = virtualização; M = modularidade; C = capacidade em tempo real e O = orientação de serviço.

		Processos de Negócios				
			N	P	I	Influência
Planejar	PL01	A empresa utiliza sensores de IoT para acompanhar o funcionamento dos equipamentos, prever a necessidade de manutenção dos equipamentos e fazer ajustes no planejamento?	0	2	4	I/D/V/M/C
	PL02	A IoT permite que a empresa utilize informações em tempo real do nível de estoques e a previsão de entrega dos pedidos para facilitar o processo de planejamento e auxiliar nos ajustes a possíveis flutuações de demanda?	0	2	4	I/V/M/C
	PL03	Os dados obtidos pela IoT são utilizados por outros elos da CS?	0	2	4	I/V/C/O
	PL04	A empresa utiliza os dados da IoT para tomar decisões sobre o portfólio de produtos e serviços?	0	2	4	I/M/C/O
	PL05	A empresa consegue captar a flutuação da demanda com os dados recebidos via IoT?	0	2	4	I/V/M/C/O
Abastecer	AB01	A IoT é utilizada para o controle automático de Inventário?	0	2	4	I/V/C/O
	AB02	A empresa utiliza a IoT para obter a rastreabilidade e garantir a qualidade e originalidade do produto de seus fornecedores?	0	2	4	I/V/C/O
	AB03	A empresa utiliza a IoT para planejar o melhor uso do espaço e equipamentos do armazém?	0	2	4	I/D/V/M/C
	AB04	A empresa utiliza a IoT durante o processo de transporte para planejar melhor os recursos e o tempo de carga, descarga e transbordo?	0	2	4	I/D/V/M/C/O
	AB05	Utiliza a IoT para rastrear e monitorar a carga para garantir a qualidade do material ou o realinhamento de rotas quando necessário e aumentar a segurança da carga?	0	2	4	I/D/V/M/C/O
Produzir	PR01	São utilizados sensores para identificar o uso dos componentes corretos a serem agregados no produto na linha de produção?	0	2	4	I/D/V/M/C
	PR02	A empresa utiliza os dados obtidos pela IoT para identificar potenciais de redução de custos e aumento de produtividade?	0	2	4	I/V/C
	PR03	A empresa utiliza sensores de IoT para acompanhar o funcionamento dos equipamentos e detectar falhas nos processos, no funcionamento dos equipamentos ou para conseguir o melhor uso dos recursos?	0	2	4	I/D/V/M/C
	PR04	O gestor consegue acessar toda a planta, obter as informações e enviar ordens de forma remota?	0	2	4	I/D/V/M/C/O
	PR05	A empresa utiliza os sensores para garantir a qualidade dos produtos e reduzir custos com refugo e retrabalho?	0	2	4	I/D/V/C
Entregar	EN01	A empresa utiliza a IoT para fornecer a rastreabilidade e garantir a qualidade e originalidade do produto ao cliente?	0	2	4	I/V/C/O
	EN02	A IoT é utilizada para o controle automático de Inventário?	0	2	4	I/V/C/O
	EN03	A empresa utiliza a IoT para planejar o melhor uso do espaço e equipamentos do armazém?	0	2	4	I/D/V/M/C
	EN04	A empresa utiliza a IoT durante o processo de transporte para planejar melhor os recursos e o tempo de carga, descarga e transbordo?	0	2	4	I/D/V/M/C/O

Fonte: Elaborada pela autora

Figura 26 - Modelo de análise da Influência do uso da IoT na SCM – Página 2

Retorno	EN05	Utiliza a IoT para rastrear e monitorar a carga para garantir a qualidade do material ou o realinhamento de rotas quando necessário e aumentar a segurança da carga?	0	2	4	I/D/V/M/C/O
	RT01	As informações captadas são armazenadas para propor melhorias no processo caso um dos produtos apresente defeito?	0	2	4	I/V/M
	RT02	A empresa utiliza a IoT para gerenciar o inventário de resíduos ?	0	2	4	I/V/C/O
	RT03	A empresa utiliza a IoT para gerenciar a coleta dos resíduos e embalagens reutilizáveis nos clientes?	0	2	4	I/D/V/M/C/O
	RT04	A empresa utiliza a IoT para conseguir um melhor aproveitamento das embalagens dos resíduos?	0	2	4	I/D/V/M/C/O
Realizar	RE01	A empresa já utiliza todas as informações captadas pela IoT para auxiliar nas decisões do cliente ou criar valor para ele?	0	2	4	I/D/V/C/O
	RE02	A empresa utiliza outras tecnologias da Indústria 4.0 para viabilizar a flexibilidade e a escalabilidade do uso da IoT?	0	2	4	I/D/V/M/C
	RE03	A empresa utiliza uma visão de longo prazo para implantar novas tecnologias integradas à IoT?	0	2	4	I/V/M/C
	RE04	A empresa utiliza a IoT para oferecer um novo modelo de negócios baseado em serviços?	0	2	4	I/D/V/C/O
	RE05	A empresa utiliza a IoT para atrair novos clientes ou facilitar o processo de entrada de novos elos na CS?	0	2	4	I/V/C/O

Os eixos da SCM de Organização e Pessoas e Tecnologia, Iniciativa, Práticas e Sistemas são muito importantes para garantir o sucesso do uso da IoT e a sua escalabilidade da CS. Faça uma avaliação de cada eixo selecionando N para resposta Não ou Nunca, P para utiliza parcialmente e I para utiliza Integralmente. Após as respostas, some a pontuação de cada processo e verifique as prescrições.

Organização e Pessoas						
		N	P	S		
OP01	A empresa possui uma cultura de inovação e aprendizagem contínua?	0	2	4		
OP02	A empresa possui mão de obra qualificada para utilizar a tecnologia ou como investir em treinamentos?	0	2	4		
OP03	Existe uma cultura de inovação e aprendizagem nos elos da CS que vão utilizar a tecnologia?	0	2	4		
OP04	Os elos da CS possuem um pensamento ganha-ganha e estão dispostos a fazer adaptações nos processos para utilizar a IOT?	0	2	4		
OP05	Existe confiança, transparência e cooperação entre os elos da CS ?	0	2	4		

Tecnologia, Iniciativa, Práticas e Sistemas						
		N	P	S		
TE01	Existe um plano de contingência para garantir a continuidade do processo caso ocorra falhas de energia ou problemas na rede?	0	2	4		
TE02	Existe uma infraestrutura de segurança contra ataques de hackers e vírus para todos os níveis de acesso na CS?	0	2	4		
TE03	Há infraestrutura para suportar a guarda e o processamento de quantidade de dados com segurança ?	0	2	4		
TE04	Há um plano de infraestrutura e segurança para suportar a escalabilidade do uso da tecnologia?	0	2	4		
TE05	Há um cuidado com os aspectos legais e as questões regulatórias com relação ao uso da tecnologia, à segurança e ao uso dos dados de todos os elos da CS?	0	2	4		

Fonte: Elaborada pela autora

Figura 27 - Prescrições ao Gestor – Página 1

	Pontos	Prescrição
Planejar	0 a 7	A empresa aproveita muito pouco do potencial da IoT para o processo Planejar. Recomenda-se estudar como as informações que são captadas pelos sensores já existentes podem ser melhor utilizadas e verificar a possibilidade do uso de novos sensores que podem auxiliar no processo de planejamento, principalmente nos aspectos em que a empresa costuma ter maior flutuação de informações ou ocorrência de erros. A IoT pode influenciar diretamente o planejamento, facilitando o acesso a informações confiáveis e atualizadas em tempo real para acompanhar tendências e prever muitos problemas, gerando dados para um ajuste no planejamento antes que possíveis problemas aconteçam. Esses dados fluem tanto no ambiente interno como na troca com outros elos da CS, permitindo melhor planejamento em diferentes elos da CS e gerando benefícios como a redução de custos, o aumento do índice de respostas ao cliente e a redução de desperdícios e retrabalhos.
	8 a 13	Já existe alguma influência da IoT no processo Planejar, mas as informações poderiam ser melhor aproveitadas ou novos sensores poderiam auxiliar ainda mais o processo na organização. A IoT pode influenciar diretamente o planejamento, facilitando o acesso a informações confiáveis e atualizadas em tempo real para acompanhar tendências e prever muitos problemas, gerando dados para um ajuste no planejamento antes que possíveis problemas aconteçam. Esses dados fluem tanto no ambiente interno como na troca com outros elos da CS, permitindo melhor planejamento em diferentes elos da CS e gerando benefícios como a redução de custos, o aumento do índice de respostas ao cliente e a redução de desperdícios e retrabalhos.
	14 a 20	A tecnologia já é bem utilizada no processo planejar, influenciando diretamente na organização. Verifique outros processos que têm maior potencial de desenvolvimento para fortalecer o uso da tecnologia ou a infraestrutura para aumentar a escala de uso em novas camadas da cadeia de suprimentos.
Abastecer	0 a 7	A empresa aproveita muito pouco do potencial da IoT para o processo Abastecer. No transporte, a IoT pode auxiliar no monitoramento da carga para garantir a manutenção dos requisitos ambientais necessários, assim como no rastreamento, para realinhar rotas se necessário e auxiliar no planejamento dos veículos em caso de transbordo. Na armazenagem, a IoT auxilia garantindo o controle do inventário. A IoT utilizada desde o fornecedor garante a qualidade e a originalidade do material, reduzindo riscos e aumentando a confiança entre os parceiros de negócios.
	8 a 13	Já existe alguma influência da IoT no processo Abastecer, mas novos sensores ou novos usos poderiam gerar maior controle, redução de custos ou aumento de produtividade. No transporte, a IoT pode auxiliar no monitoramento da carga para garantir a manutenção dos requisitos ambientais necessários, assim como no rastreamento, para realinhar rotas se necessário e auxiliar no planejamento dos veículos em caso de transbordo. Na armazenagem, a IoT auxilia garantindo o controle do inventário. A IoT utilizada desde o fornecedor garante a qualidade e a originalidade do material, reduzindo riscos e aumentando a confiança entre os parceiros de negócios.
	14 a 20	A empresa já é influenciada pela IoT no processo Abastecer. Verifique a possibilidade de mudanças e melhorias em novos processos
Produzir	0 a 7	Com a IoT a empresa pode ganhar rastreabilidade e confiabilidade nos processos e reduzir os defeitos de produção, influenciando na confiabilidade dos clientes e na redução dos custos. É possível ter todos os equipamentos interligados via IoT e com acesso remoto a todas as informações em tempo real pelos gestores da organização. Os sensores controlam o funcionamento de todo o processo, verificando as peças que estão sendo agregadas ao produto, acompanhando o desempenho dos equipamentos e tendências de produção e necessidades de manutenção.

Fonte: Elaborada pela autora

Figura 28 - Prescrições ao Gestor – Página 2

	8 a 13	Verifique se existe a possibilidade de otimizar a influência da IoT na organização. É possível ter todos os equipamentos interligados via IoT e com acesso remoto a todas as informações em tempo real pelos gestores da organização. Os sensores controlam o funcionamento de todo o processo, verificando as peças que estão sendo agregadas ao produto, acompanhando o desempenho dos equipamentos e tendências de produção e necessidades de manutenção.
	14 a 20	A empresa já utiliza a IoT e certamente já percebeu sua influência na redução dos custos, na confiabilidade e na produtividade. Verifique a possibilidade de mudanças e melhorias em novos processos.
Entregar	0 a 7	A empresa conta atualmente com pouca influência no processo Entregar. Na armazenagem, a IoT auxilia garantindo o controle do inventário e a manutenção das condições do ambiente. No processo de transporte, a IoT pode auxiliar no monitoramento da carga para garantir a manutenção dos requisitos ambientais necessários, assim como no rastreamento para realinhar rotas caso seja necessário. A IoT pode garantir ao cliente a qualidade e a originalidade do material e o rastreamento da entrega, agregando valor ao produto.
	8 a 13	Já existe alguma influência da IoT no processo Entregar, mas as novos sensores ou novos usos poderiam gerar maior controle, redução de custos ou agregar mais valor ao cliente. Na armazenagem, a IoT auxilia garantindo o controle do inventário e a manutenção das condições do ambiente. No processo de transporte, a IoT pode auxiliar no monitoramento da carga para garantir a manutenção dos requisitos ambientais necessários, assim como no rastreamento para realinhar rotas caso seja necessário. A IoT pode garantir ao cliente a qualidade e a originalidade do material e o rastreamento da entrega, agregando valor ao produto.
	14 a 20	A empresa já é influenciada pela IoT no processo Entregar. Verifique a possibilidade de mudanças e melhorias em novos processos.
Retorno	0 a 7	Com o uso da IoT, a empresa consegue gerenciar melhor o seu passivo ambiental e a melhorar a sua confiabilidade em produtos que necessitem de um grande nível de qualidade e controle. Procure investir mais em formas de expandir o aproveitamento dos seus resíduos com uso da tecnologia, além de garantir uma rastreabilidade do processo que possa reverter em análises que possam resultar em melhorias.
	8 a 13	É provável que a organização ainda consiga obter novos desempenhos com o uso da IoT. Procure investir mais em formas de expandir o aproveitamento dos seus resíduos com uso da tecnologia, além de garantir uma rastreabilidade do processo que possa reverter em análises que possam resultar em melhorias.
	14 a 20	A empresa já é influenciada pela IoT no processo Retorno. Verifique a possibilidade de mudanças e melhorias em novos processos.
Realizar	0 a 7	Verifique como é possível usar as informações criadas pela IoT para agregar mais valor ao cliente ou como seria possível escalar o uso da tecnologia e obter novos dados. Repense as possibilidades de uso da IoT para criar modelos de negócios baseados na servitização. A IoT abre uma grande oportunidade de continuar avançando na aplicação de novas tecnologias e de proporcionar maior valor agregado para o cliente através da confiabilidade, da agilidade e da responsividade.
	8 a 13	Planeje uma forma de escalar o uso da tecnologia para incluir o uso da IoT, criando assim novos modelos de negócios baseados na servitização e agregando mais valor ao cliente. A IoT abre uma grande oportunidade de continuar avançando na aplicação de novas tecnologias e de proporcionar maior valor agregado para o cliente através da confiabilidade, da agilidade e da responsividade.
	14 a 20	Verifique a possibilidade de mudanças e melhorias em novos processos.
e Pessoas	0 a 7	Reveja a cultura da empresa e alinhe com os pontos necessários. Uma cultura de aprendizagem contínua e inovação é essencial para que o uso da IoT se estabeleça com sucesso. É preciso investir em treinamento para todos os envolvidos com o uso da tecnologia, e principalmente muita confiança nos parceiros de negócios. Quanto maior a diversidade de acessos aos dispositivos, maior será o risco, a necessidade de confiança, treinamento e cooperação dos outros elos da CS. Essa foi a base para as prescrições.

Fonte: Elaborada pela autora

Figura 29 - Prescrições ao Gestor – Página 3

Organização	8 a 13	Alguns aspectos culturais ainda precisam ser reestruturados para garantir o sucesso do uso da tecnologia e para escalar o seu uso. É preciso investir em treinamento para todos os envolvidos com o uso da tecnologia, e principalmente muita confiança nos parceiros de negócios. Quanto maior a diversidade de acessos aos dispositivos, maior será o risco, a necessidade de confiança, treinamento e cooperação dos outros elos da CS. Essa foi a base para as prescrições.
	14 a 20	A empresa está em um bom caminho com relação a cultura e as pessoas. Verifique se são necessários pequenos alinhamentos.
Tecnologia, Práticas e Iniciativas	0 a 7	É primordial, antes de qualquer avanço, investir nas questões de infraestrutura e segurança da informação para que a empresa tenha êxito na implantação da tecnologia. É preciso ter uma estrutura trabalhando em tempo integral para garantir a segurança das informações bem como diferentes formas para controlar o acesso a elas. Além da segurança do acesso a informação é importante pensar na infraestrutura para garantir o manuseio de grande quantidade de informação e falhas de energia e conexão de rede.
	8 a 13	Procure investir mais em infraestrutura e segurança para suportar o crescimento do número de dispositivos e garantir a segurança das informações de todos os elos da CS. É preciso ter uma estrutura trabalhando em tempo integral para garantir a segurança das informações bem como diferentes formas para controlar o acesso a elas. Além da segurança do acesso a informação é importante pensar na infraestrutura para garantir o manuseio de grande quantidade de informação e falhas de energia e conexão de rede.
	14 a 20	Em caso de escalar o uso da tecnologia e aumentar o número de sensores e dispositivos ou de acessos, verifique se não há a necessidade de novos investimentos e se a estrutura atual é suficiente para atender a outros elos da CS.

Fonte: Elaborada pela autora

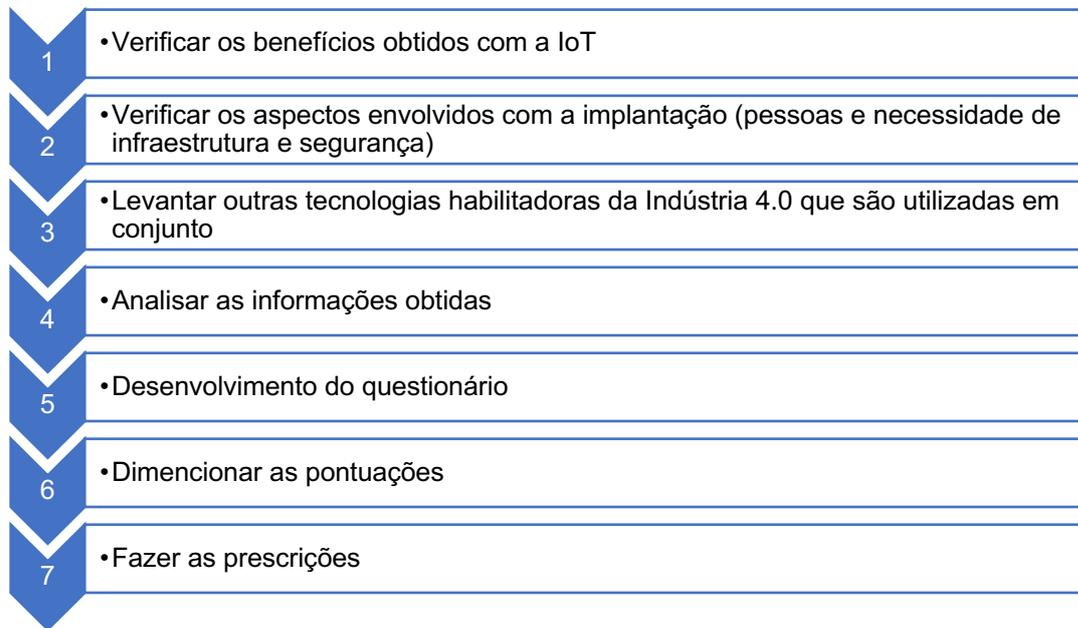
5.1 – Análises Iniciais para Chegar ao Modelo

O método selecionado para a pesquisa, utilizando a revisão sistemática complementada pelo estudo de caso, se mostrou eficiente. Foram encontradas muitas informações relevantes para todos os processos de negócios do modelo SCOR e para as três questões elaboradas para a coleta de dados, que foram a base da construção do modelo.

A Figura 30 apresenta o fluxograma com as etapas realizadas para o desenvolvimento do modelo. Primeiramente, foi realizada uma revisão sistemática de literatura de 41 artigos internacionais. Para a revisão, foram determinadas três questões que embasaram a busca das informações para o modelo. Com a primeira questão foi

possível obter os benefícios que a IoT pode proporcionar a cada um dos processos do modelo SCOR.

Figura 30 – Fluxograma da Construção do Modelo



Fonte: Elaborado pela autora

A segunda questão da revisão foi relacionada à busca de outros fatores que influenciam na seleção da IoT. Durante a leitura foram identificados diversos fatores, que foram divididos em duas categorias: os aspectos culturais e os aspectos de infraestrutura e segurança da informação

A terceira questão trabalhou com a busca de outras tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 que são utilizadas em conjunto com a IoT para proporcionar benefícios a SCM. Os resultados foram apresentados no item 4.1.

Após a revisão sistemática da literatura, foi conduzido um estudo de caso em uma empresa do setor industrial que utiliza IoT para confirmar achados da revisão sistemática da literatura e buscar por informações não encontradas na literatura. A empresa estudada é uma das diversas plantas de uma multinacional com filial no Brasil, com foco no setor automobilístico. Nesta planta, são produzidos componentes para carros autônomos e semiautônomos. Para o estudo, foi mantida a mesma estrutura da revisão sistemática, com as questões de pesquisa e a divisão por

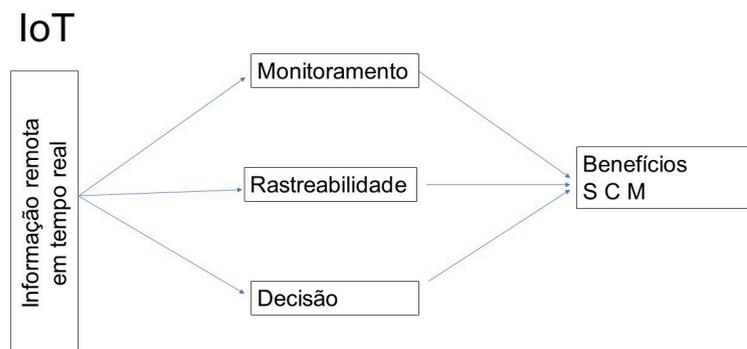
processo de negócio do Modelo SCOR. Os resultados foram apresentados no item 4.2.

As afirmações de O'Brien e Marakas (2013) e Turban e Volonino (2013), que para gerenciar com eficiência os sistemas de TI é preciso analisar os desafios e oportunidades pois o projeto deve estar em consonância com as necessidades da empresa, foram o fio condutor para a elaboração do modelo: analisar as contribuições da IoT para cada processo de negócio do SCOR e quais os desafios são encontrados para a sua implantação. Durante o estudo de caso, o entrevistado afirmou que a tecnologia foi implantada na empresa por uma necessidade de controle. É importante saber o real motivo da sua implantação e também que haverá um retorno sobre o investimento. Não se deve ser implantada somente “porque o cliente quer”.

Por meio das informações obtidas na revisão sistemática da literatura e do estudo de caso foi possível verificar que a grande contribuição do uso da IoT vem da disponibilidade da informação remota em tempo real. As informações são diferentes conforme o dispositivo ou sensor a ser utilizado ao captá-las, podendo assim auxiliar de formas diferentes em cada uma das organizações e cada um dos processos de negócios.

Ao analisar as informações obtidas na revisão sistemática, foi possível observar que há três grandes usos da informação que possibilitam uma série de aplicações diferenciadas a cada processo: o monitoramento, a rastreabilidade e a tomada de decisão, conforme apresentadas na Figura 31.

Figura 31 - Uso da IoT na SCM



Fonte: Elaborada pela autora

Ao compilar as informações da revisão sistemática e do estudo de caso, foi possível sintetizar os ganhos obtidos para cada um dos processos de negócios do SCOR, que estão apresentados na Figura 32.

Figura 32 - Benefícios da IoT por Processo de Negócio do Modelo SCOR

PLANEJAR

- Melhores decisões portfólio de produtos e serviços e o local das instalações;
- Oportunidades de otimização de informações, materiais, equipamentos, processos;
- Redução dos custos.
- Melhor visibilidade e redução dos riscos;
- Agilidade na captação de flutuações de demanda;
- Maior flexibilidade para resolver problemas de forma rápida;

ABASTECER

- Garantir a qualidade dos produtos durante todo o processo;
- Garantir a originalidade e procedência do material comprado;
- Melhorar o nível de confiabilidade e a seleção dos compradores;
- Facilitar o inventário;
- Reduzir problemas com interrupção de mercadorias e ineficiências;
- Facilitar o uso de armazéns compartilhados;
- Melhorar a eficiência dos recursos;
- Permitir o rastreamento de cargas;
- Permitir o monitoramento dos ativos durante o transporte;
- Melhorar e permitir o realinhamento das rotas e planos de ressuprimento;
- Reduzir o tempo e problemas com transbordo;
- Reduzir custos, incertezas e a necessidade de seguros.

PRODUZIR

- Maior controle e eficiência da produção;
- Facilitar o gerenciamento da produção;
- Permitir a implantação de novos modelos de negócios;
- Permitir a implantação de novos modelos de produção;
- Melhorar monitoramento dos equipamentos aumentando sua vida útil;
- Fornecer uma resposta rápida a falhas e defeitos no processo;
- Reduzir de custos dos processos;
- Melhorar a qualidade dos produtos;
- Melhorar o aproveitamento da capacidade produtiva;
- Reduzir a quantidade de produtos defeituosos, refugo e retrabalho;
- Facilitar o processo de inovação;
- Melhorar o consumo de água e energia;
- Facilitar a personalização e a customização;
- Promover maior segurança física

ENTREGAR

- Garantir a qualidade dos produtos durante todo o processo;
- Garantir a originalidade e procedência do material para o cliente;
- Facilitar o inventário;
- Facilitar o uso de armazéns compartilhados;
- Melhorar a eficiência dos recursos;
- Reduzir o tempo de entrega;
- Permitir o rastreamento de cargas;
- Permitir o monitoramento dos ativos durante o transporte;
- Melhorar e permitir o realinhamento das rotas e planos de entrega;
- Reduzir o tempo e problemas com transbordo;
- Aumentar a segurança para cargas valiosas;
- Reduzir o consumo de combustível e a poluição;
- Reduzir incertezas e a necessidade de seguros;
- Agregar valor para o cliente compartilhando informações;
- Reduzir o estoque dos clientes;

RETORNO

- Automação do monitoramento do nível de resíduos e sucatas;
- Economia de embalagens;
- Melhor aproveitamento e roteirização do transporte;
- Facilitar a recuperação dos resíduos;
- Ampliar o histórico de informações em casos de recall;
- Maior eficiência na logística reversa de embalagens reutilizáveis.

REALIZAR

- Facilitar o uso de novas tecnologias;
- Facilitar o desenvolvimento de novos modelos de negócios.
- Proporcionar maior confiabilidade nos parceiros de negócios;

Fonte: Elaborada pela Autora

Para o processo planejar, as melhorias obtidas com o uso da IoT coletadas através da revisão sistemática resultam em: melhores decisões sobre o portfólio de produtos e serviços e o local das instalações; oportunidades de otimização de informações, materiais, equipamentos e processos; melhor visibilidade e redução dos riscos; maior flexibilidade para resolver problemas de forma rápida; agilidade na captação de flutuações de demanda e redução dos custos. No estudo de caso foi possível observar o uso das informações para melhorias estruturais, oportunidades para otimizar os processos, o rastreamento no processo interno com transmissão dos dados a toda a CS, maior flexibilidade para resolver os problemas de forma rápida e redução de riscos com o aumento da visibilidade.

Já no processo abastecer, segundo a revisão sistemática, a IoT pode garantir a qualidade dos produtos durante todo o processo; garantir a originalidade e procedência do material comprado; melhorar o nível de confiabilidade e a seleção dos compradores; facilitar o inventário; reduzir problemas com interrupção de mercadorias e ineficiências; facilitar o uso de armazéns compartilhados; melhorar a eficiência dos recursos; permitir o rastreamento de cargas; permitir o monitoramento dos ativos durante o transporte; melhorar e permitir o realinhamento das rotas e planos de ressuprimento; reduzir o tempo e problemas com transbordo; reduzir custos, incertezas e a necessidade de seguros. No estudo de caso foi possível observar os seguintes aspectos: garantir a qualidade dos produtos durante todo o processo; garantir a originalidade e procedência do material comprado; melhorar o nível de confiabilidade e a seleção dos compradores; facilitar o inventário e melhorar a eficiência dos recursos.

As principais contribuições da IoT para o processo *produzir* observadas na revisão sistemática são as seguintes: oferecer maior controle e eficiência da produção; facilitar o gerenciamento da produção; permitir a implantação de novos modelos de negócios; permitir a implantação de novos modelos de produção; melhorar o monitoramento dos equipamentos aumentando sua vida útil; fornecer uma resposta rápida a falhas e defeitos no processo; reduzir custos dos processos; melhorar a qualidade dos produtos; melhorar o aproveitamento da capacidade produtiva; reduzir o número de produtos defeituosos, refugo e retrabalho; facilitar o processo de inovação; melhorar

o consumo de água e energia; promover maior segurança física e facilitar a personalização e a customização.

No estudo de caso, foi possível observar que a IoT oferece maior controle e eficiência da produção; facilita o gerenciamento da produção; melhora o monitoramento dos equipamentos, aumentando sua vida útil; permite a resposta rápida a falhas e defeitos no processo, melhora a qualidade dos produtos, melhora o aproveitamento da capacidade produtiva e a redução de produtos defeituosos, refugo e retrabalho; facilita a customização.

Foi possível verificar que a IoT apresenta benefícios ao processo *entregar*. Na revisão sistemática, foi possível verificar os benefícios que se assemelham aos do processo *abastecer*, porém agora com foco na entrega ao cliente, como garantir a qualidade dos produtos durante todo o processo; garantir a originalidade e procedência do material para o cliente; facilitar o inventário; facilitar o uso de armazéns compartilhados; melhorar a eficiência dos recursos; reduzir o tempo de entrega; permitir o rastreamento de cargas; permitir o monitoramento dos ativos durante o transporte; melhorar e permitir o realinhamento das rotas e planos de entrega; reduzir o tempo e problemas com transbordo; aumentar a segurança para cargas valiosas; reduzir o consumo de combustível e a poluição; reduzir incertezas e a necessidade de seguros; agregar valor com o cliente compartilhando informações e reduzir o estoque dos clientes.

No estudo de caso, foram observados os benefícios de garantir a qualidade dos produtos durante todo o processo; garantir a originalidade e procedência do material para o cliente e agregar valor por meio do compartilhamento de informações pelo cliente.

Com relação ao processo de *retorno*, os benefícios da IoT incluem a automação do monitoramento do nível de resíduos e sucatas; economia de embalagens; maior eficiência na logística reversa de embalagens reutilizáveis; facilitar a recuperação de resíduos e melhor aproveitamento e roteirização do transporte. No estudo de caso, o principal benefício é que a IoT amplia o histórico de informações em casos de *recall*.

O processo *realizar* engloba como benefícios facilitar o uso de novas tecnologias; facilitar o desenvolvimento de novos modelos de negócios e proporcionar maior confiabilidade entre os parceiros de negócios. No estudo de caso, o uso da IoT está relacionado ao uso de outras tecnologias e ao aumento de confiabilidade entre os elos da CS.

Além dos benefícios, o uso da IoT na SCM influencia outros aspectos da empresa industrial que devem ser avaliados para o sucesso do uso da tecnologia e foram analisados na segunda questão dos métodos utilizados. Ao realizar o levantamento destes fatores nos artigos e no estudo caso, estes foram separados em duas categorias: os aspectos culturais e os aspectos de segurança e infraestrutura.

Os aspectos culturais coletados na revisão sistemática incluem a exigência de modernização das empresas da CS; o fato de a IoT poder exigir a adaptação de modelos de negócios; seu uso poder exigir uma reorganização dos limites industriais e da organização da CS; a necessidade de existir uma cultura de aprendizagem na organização; a importância de manter a transparência e a cooperação com o fluxo de operações entre os elos da CS; a necessidade de investir em treinamento de todos os envolvidos; o desenvolvimento de uma conscientização e da maturidade de todos os elos da CS envolvidos com a tecnologia; a existência de um medo envolvendo o compartilhamento total dos dados; a necessidade de se ter pensamento ganha-ganha; em alguns casos, a exigência pela mudança da cultura do cliente. No estudo de caso, foi possível observar que a IoT pode exigir a modernização das empresas da CS e a necessidade de uma cultura de aprendizagem na organização.

Já os aspectos de segurança e infraestrutura incluem a necessidade de pensar nas questões legais e regulatórias; cuidados com a propriedade e o compartilhamento dos dados da empresa e dos consumidores; a empresa passa a gerenciar uma grande quantidade de dados; é preciso ter estrutura para transformar os dados em informações relevantes; um necessário controle condizente com a quantidade de pontos de conectividade; a necessidade de levar-se em consideração o risco de falta de energia e de bateria dos dispositivos; atenção aos riscos de falha de comunicação e rede; a inexistência de um padrão de tecnologias existente nas empresas; a atenção à segurança dos dispositivos em relação à *malware* e ataques cibernéticos; atentar-

se ao uso de *softwares* não seguros por outros elos da CS; avaliar a possibilidade de receber dados corrompidos; investir em treinamento para ter uma equipe habilitada para lidar com a tecnologia.

No estudo de caso, os aspectos de segurança também foram mencionados. O entrevistado apresentou as questões relativas à necessidade de transformar os dados em informações relevantes; a maior necessidade de controle dos acessos aos sistemas; o fato de não existir um padrão nos SI de outros elos, sendo necessário um investimento para ocorra uma interação e a limitação da troca de informações; a necessidade de se pensar na segurança dos dispositivos em relação a ataques cibernéticos; o cuidado com o uso de *softwares* não seguros e acessos remotos e a necessidade de investir em treinamento para ter uma equipe habilitada para lidar com a tecnologia.

Todas as informações estão condensadas na Figura 33.

Figura 33 - Outras influências no uso da IoT

Aspectos Culturais	Aspectos de Segurança e Infraestrutura
<ul style="list-style-type: none"> • Exigência de modernização das empresas da CS; • Pode exigir a adaptação de modelos de negócios; • Pode exigir uma reorganização dos limites industriais e da organização da CS; • Precisa da existência de uma cultura de aprendizagem na organização; • É importante manter a transparência e a cooperação com o fluxo de operações entre os elos da CS; • Precisa investir em treinamento de todos os envolvidos; • É preciso desenvolver a conscientização e a maturidade de todos os elos da CS envolvidos com a tecnologia; • A existência do medo envolvendo o compartilhamento total dos dados; • Requer um pensamento ganha-ganha; • Em alguns casos, exige a mudança da cultura do cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de pensar nos aspectos legais e questões regulatórias • Cuidados com a propriedade e compartilhamento dos dados da empresa e dos consumidores • A empresa passa a gerenciar uma grande quantidade de dados • É preciso ter estrutura para transformar os dados em informações relevantes • É necessário levar-se em consideração o risco de falta de energia e de bateria dos dispositivos • Atenção aos riscos de falha de comunicação e rede • Não há um padrão de tecnologias existente nas empresas • É preciso pensar na segurança dos dispositivos em relação a malware e ataques cibernéticos • Atentar-se ao uso de softwares não seguros por outros elos da CS • Avaliar a possibilidade de receber dados corrompidos • Investir em treinamento para ter uma equipe habilitada para lidar com a tecnologia. • É necessário controle condizente com a quantidade de pontos de conectividade.

Fonte: Elaborada pela autora

Durante a pesquisa, outras tecnologias da Indústria 4.0 foram mencionadas para uso com a IoT. Essas tecnologias podem potencializar seus benefícios, e até mesmo proporcionar outros novos a partir dos dados coletados, podendo atuar ainda como suporte para questões de segurança e infraestrutura.

As tecnologias apresentadas na revisão sistemática foram *Blockchain*, *Big Data*, Computação em Nuvem, Sistemas Ciber Físicos, *Machine Learning*, *Digital Twins*, *Fog Computing*, *Deep Learning*. Na Empresa A foram verificados Big Data, Computação em Nuvem, Inteligência Artificial e Robotização.

Assim, a lógica parte da informação remota e em tempo real fornecida pela IoT que pode ser utilizada para monitoramento, rastreamento ou tomada de decisão (Figura 31). Desta forma, a organização pode obter os benefícios nos processos de negócios em que ela estiver utilizando a tecnologia. Para cada processo de negócio, a IoT pode ser utilizada de formas distintas, contribuindo com diferentes benefícios que vão influenciar a organização (Figura 32).

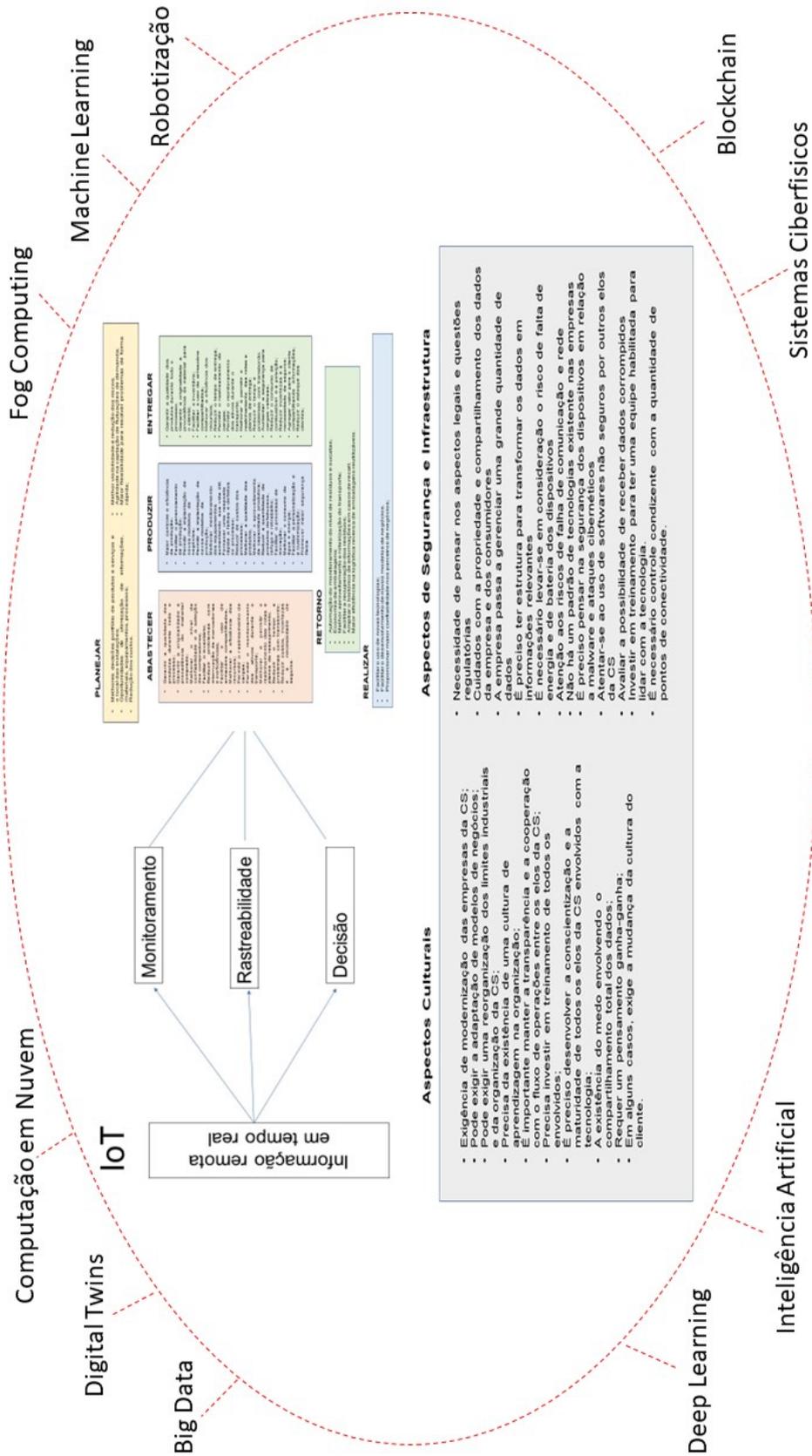
Apesar das muitas vantagens apresentadas, a IoT influencia outros aspectos da organização que foram observados e apresentados na Figura 33, divididos em aspectos culturais ou aspectos de segurança e infraestrutura. Para o gestor que quiser utilizar ou ampliar a aplicação da IoT em sua empresa, é importante ter a consciência de que tais fatores devem ser considerados na execução do projeto.

Planejar bem os fatores culturais, de segurança e infraestrutura serão a base para o sucesso dos resultados com a implantação da IoT, como apresentado na Figura 34, conforme as afirmações realizadas no processo da entrevista do estudo de caso.

Existem também outras tecnologias que podem auxiliar nos resultados obtidos e vão influenciar a SCM. As tecnologias estão interligadas à IoT, mas ainda são um elemento externo e que podem – ou não – serem integradas conforme a necessidade da CS, por isso sua representação em linhas pontilhadas na Figura 34.

As tecnologias apresentadas são utilizadas para resolver alguns problemas de segurança ou infraestrutura com o aumento do volume de informações, como Big Data, Computação em Nuvem e *Blockchain*. Outras tecnologias utilizam as informações captadas pela IoT e potencializam seus benefícios, como a Inteligência Artificial e o *Machine Learning*.

Figura 34: Síntese da Influência do uso da IoT na SCM



Fonte: Elaborada pela autora

O uso da IoT pode aumentar a competitividade da organização e seus benefícios, fator que se mostra alinhado à perspectiva de Pires (2004), segundo o qual as empresas mais competitivas são aquelas que possuem os processos chave integrados com seus fornecedores e clientes.

Através do estudo de caso realizado foi possível verificar que o fato de a empresa já ter parcerias estabelecidas com seus parceiros de negócios e ter também iniciado o processo de SCM são aspectos que podem facilitar a implantação da IoT, uma vez que muitas das questões culturais e de infraestrutura já estariam alinhadas e poderiam facilitar a implantação da tecnologia.

Como mencionado na revisão bibliográfica, segundo Lambert, Cooper e Pagh (1998), o relacionamento de longo prazo entre os elos de uma CS exige mais do que apenas relações de confiança. Assim, a IoT pode também facilitar a iniciativa da SCM, segundo a definição de Cooper, Lambert e Pagh (1997) e Lambert, Cooper e Pagh (1998), em que SCM representa a integração de processos de negócios na CS com o objetivo de agregar valor aos clientes.

Além da análise dos processos de negócios do modelo SCOR, o nível 1 de detalhamento é formado por dez indicadores. Com os dados obtidos na revisão sistemática da literatura e no estudo de caso foi possível observar que a IoT pode colaborar para trazer benefícios a todos os indicadores, como demonstrado no Quadro 4.

Quadro 4: Colaboração da IoT nas métricas de nível 1 do SCOR

Atributo	Métrica Nível 1	Colaboração da IoT
Confiabilidade	Atendimento Perfeito do Pedido	✓
Responsividade	Tempo de Ciclo do Pedido	✓
Agilidade	Adaptabilidade da CS aos Clientes	✓
	Adaptabilidade dos Fornecedores a CS	✓
	Valor Geral em Risco	✓
Custo	Custo Total de Gerenciamento da CS	✓
	Custo dos Produtos Vendidos	✓
Gestão de Ativos	Ciclo de Fluxo de Caixa	✓
	Retorno sobre os Ativos Fixos da Cadeia	✓
	Retorno sobre o Capital	✓

Fonte: Elaborada pela autora

A informação precisa e em tempo real auxilia no atendimento do pedido perfeito – tanto em relação à redução de envio de produtos errados, como também na questão da redução de problemas de qualidade dos produtos e danos ocorridos no processo de transporte.

O tempo de ciclo do pedido também pode ser melhorado. O monitoramento realizado pela tecnologia permite uma previsão mais precisa dos tempos de produção e transporte, permitindo que os prazos sejam cumpridos e que mudanças de planos e planos de contingência sejam realizados de forma mais ágil.

A adaptabilidade da CS aos clientes também foi observada na Empresa A. A IoT proporciona melhor captação da demanda e de problemas ocorridos no processo, permitindo assim que adaptações sejam realizadas para atender ao cliente da melhor forma.

A IoT colabora para a adaptabilidade dos fornecedores a CS. O monitoramento e a rastreabilidade possibilitam que as informações fluam em tempo real e que a qualidade dos materiais seja certificada para que o processo ganhe eficiência na CS.

A IoT permite que os riscos nos processos da CS sejam melhor mapeados e monitorados, reduzindo assim o valor geral em risco.

Com relação aos custos, foi possível observar a redução de custos em todos os processos devido ao melhor planejamento, menor índice de perdas e resíduos, redução dos estoques, melhor aproveitamento de recursos e novos modelos de negócios, que geram redução de custos para o gerenciamento da CS e também no custo do produto vendido.

A redução dos estoques e o aumento da precisão do nível de inventário proporcionado pela IoT acarreta uma melhoria no fluxo de caixa para a empresa.

Já os ganhos obtidos com a IoT de gerenciar melhor a manutenção dos equipamentos, reduzir quebras e aumentar a vida útil deles proporciona o aumento do retorno sobre o ativo fixo da empresa.

Com a redução dos custos, o aumento da competitividade e a possibilidade de implantar novos modelos de negócios é possível obter maior retorno sobre o capital.

Quando analisados os princípios da Indústria 4.0 de interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidade em tempo real, orientação de serviços e modularidade - Mencionados por Lu (2017), Koh, Orzes e Jia (2019), Sacomano *et al.* (2018), Oztemel e Gursev (2018) e Kozma e Vargas (2020) – foi possível observar a colaboração da IoT para a promoção dos princípios nos processos de negócios do modelo SCOR, conforme apresentado no Quadro 5.

A Interoperabilidade foi observada em todos os processos de negócios. Vale destacar aqui que a base da IoT está em permitir a conexão entre diferentes sistemas, garantindo assim a troca de dados.

Quadro 5 – Influência da IOT segundo os princípios da Indústria 4.0

	Planejar	Abastecer	Produzir	Entregar	Retorno	Realizar
Interoperabilidade	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Virtualização	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Descentralização	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Capacidade em Tempo Real	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Orientação ao Serviço	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Modularidade	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Elaborado pela autora

A virtualização também faz parte da essência da IoT, monitorando o processo físico e podendo modelá-lo no mundo digital. A IoT colabora para sua execução em todos os processos de negócios.

É função da IoT contribuir ainda para a descentralização das decisões, fornecendo e permitindo a transmissão remota de informações em tempo real;

A capacidade em tempo real faz referência as atividades de coleta, análise e transmissão de dados em tempo real, e a IoT é uma das tecnologias que viabiliza o desenvolvimento deste princípio em todos os processos de negócios do SCOR.

A orientação ao serviço se deve ao fato de ser possível estender a função de produtos para serviços através da interconexão de sistemas. A IoT possibilita a orientação ao serviço em todos os processos de negócio através do monitoramento e da possibilidade de implantar novos modelos de negócios.

Dentre os benefícios levantados e apresentados, foi possível verificar que a IoT colabora para a modularidade em todos os processos de negócio. A informação em tempo real permite a flexibilidade para as mudanças de produção e de planejamento de serviços, rotas, níveis de estoques, entre outros, tornando o sistema flexível às variações de demanda e necessidades da organização.

Por fim, foi possível verificar que, assim como afirmado por Colli *et al.* (2021), a IoT atua como espinha dorsal para a Indústria 4.0 e pode auxiliar a SCM, o que também foi citado por Fatorachian e Kazemi (2021).

As análises acima realizadas serviram como base para a estruturação do modelo prescritivo.

5.2 – A Estruturação do Modelo

O modelo de análise foi desenvolvido e inicialmente apresentado nas Figuras 25, 26, 27, 28 e 29. Com o embasamento das informações coletadas e sintetizadas na Figura 34, as questões foram estabelecidas e as prescrições criadas conforme o pensamento apresentado neste tópico

Iniciando pelo eixo de Processos de Negócios – como são vários os processos envolvidos e a proposta inicial foi de desenvolver o modelo utilizando a análise por processos de negócios – foram desenvolvidas cinco questões por processo-chave do modelo SCOR.

Para o processo planejar foram estabelecidas três questões com base na experiência do estudo de caso (PL01, PL02 e PL03), e duas questões complementares com base na revisão sistemática da literatura (PL04 e PL05).

PL01 - A empresa utiliza sensores de IoT para acompanhar o funcionamento dos equipamentos, prever a necessidade de manutenção dos equipamentos e fazer ajustes no planejamento?

PL02 - A IoT permite que a empresa utilize informações em tempo real do nível de estoques e a previsão de entrega dos pedidos para facilitar o processo de planejamento e auxiliar nos ajustes a possíveis flutuações de demanda?

PL03 - Os dados obtidos pela IoT são utilizados por outros elos da CS?

PL 04 - A empresa utiliza os dados da IoT para tomar decisões sobre o portfólio de produtos e serviços?

PL 05 - A empresa consegue captar a flutuação da demanda com os dados recebidos via IoT?

Com base na experiência da Empresa A, a IoT pode influenciar diretamente o planejamento, facilitando o acesso a informações confiáveis e atualizadas em tempo real para acompanhar tendências e prever muitos problemas, gerando dados para um ajuste no planejamento antes que possíveis problemas aconteçam. Esses dados fluem tanto no ambiente interno como na troca com outros elos da CS, permitindo um melhor planejamento em diferentes elos da CS, gerando benefícios de redução de custos e aumento do índice de respostas ao cliente, além da redução de desperdícios e retrabalhos.

Assim, a prescrição foi gerada para três níveis diferenciados do uso da IoT pela organização no processo planejar, de acordo com as repostas para cada questão.

De 0 a 7 pontos – A empresa aproveita muito pouco do potencial da IoT para o processo Planejar. Recomenda-se estudar como as informações que são captadas pelos sensores já existentes podem ser melhor utilizadas e verificar a possibilidade do

uso de novos sensores que podem auxiliar no processo de planejamento, principalmente nos aspectos em que a empresa costuma ter maior flutuação de informações ou ocorrência de erros. A IoT pode influenciar diretamente o planejamento, facilitando o acesso a informações confiáveis e atualizadas em tempo real para acompanhar tendências e prever muitos problemas, gerando dados para um ajuste no planejamento antes que possíveis problemas aconteçam. Esses dados fluem tanto no ambiente interno como na troca com outros elos da CS, permitindo melhor planejamento em diferentes elos da CS e gerando benefícios como a redução de custos, o aumento do índice de respostas ao cliente e a redução de desperdícios e retrabalhos.

De 8 a 13 pontos – Já há alguma influência da IoT no processo Planejar, mas as informações poderiam ser melhor aproveitadas ou novos sensores poderiam auxiliar ainda mais o processo na organização. A IoT pode influenciar diretamente o planejamento, facilitando o acesso a informações confiáveis e atualizadas em tempo real para acompanhar tendências e prever muitos problemas, gerando dados para um ajuste no planejamento antes que possíveis problemas aconteçam. Esses dados fluem tanto no ambiente interno como na troca com outros elos da CS, permitindo melhor planejamento em diferentes elos da CS e gerando benefícios como a redução de custos, o aumento do índice de respostas ao cliente e a redução de desperdícios e retrabalhos.

De 14 a 20 pontos – A tecnologia já é bem utilizada no processo planejar, influenciando diretamente na organização. Verifique outros processos que têm maior potencial de desenvolvimento para fortalecer o uso da tecnologia ou a infraestrutura para aumentar a escala de uso em novas camadas da cadeia de suprimentos.

Para o processo abastecer foram criadas três questões com base no estudo de caso (AB01, AB02 e AB03), e duas questões com aspectos da revisão sistemática da literatura (AB04 e AB05).

AB01 – A IoT é utilizada para o controle automático de Inventário?

AB02 – A empresa utiliza a IoT para obter a rastreabilidade e garantir a qualidade e originalidade do produto de seus fornecedores?

AB03 – A empresa utiliza a IoT para planejar o melhor uso do espaço e equipamentos do armazém?

AB04 – A empresa utiliza a IoT durante o processo de transporte para planejar melhor os recursos e o tempo de carga, descarga e transbordo?

AB05 - Utiliza a IoT para rastrear e monitorar a carga para garantir a qualidade do material ou o realinhamento de rotas quando necessário e aumentar a segurança da carga?

A prescrição foi desenvolvida com base nos resultados da Empresa A e na revisão sistemática da literatura.

No processo de transporte, a IoT pode auxiliar no monitoramento da carga para garantir a manutenção dos requisitos ambientais necessários, assim como no rastreamento, para realinhar rotas se necessário e auxiliar no planejamento dos veículos em caso de transbordo. Na armazenagem, a IoT auxilia garantindo o controle do inventário. A IoT utilizada desde o fornecedor garante a qualidade e a originalidade do material, reduzindo riscos e aumentando a confiança entre os parceiros de negócios.

Para a empresa que obtiver de 0 a 7 pontos, a prescrição é que a empresa aproveita muito pouco do potencial da IoT para o processo Abastecer. No processo de transporte, a IoT pode auxiliar no monitoramento da carga para garantir a manutenção dos requisitos ambientais necessários, assim como no rastreamento, para realinhar rotas se necessário e auxiliar no planejamento dos veículos em caso de transbordo. Na armazenagem, a IoT auxilia garantindo o controle do inventário. A IoT utilizada desde o fornecedor garante a qualidade e a originalidade do material, reduzindo riscos e aumentando a confiança entre os parceiros de negócios.

De 8 a 13 pontos, já existe alguma influência da IoT no processo Abastecer, mas novos sensores ou novos usos poderiam gerar maior controle, redução de custos ou

aumento de produtividade. No processo de transporte, a IoT pode auxiliar no monitoramento da carga para garantir a manutenção dos requisitos ambientais necessários, assim como no rastreamento, para realinhar rotas se necessário e auxiliar no planejamento dos veículos em caso de transbordo. Na armazenagem, a IoT auxilia garantindo o controle do inventário. A IoT utilizada desde o fornecedor garante a qualidade e a originalidade do material, reduzindo riscos e aumentando a confiança entre os parceiros de negócios.

De 14 a 20 pontos, a empresa já é influenciada pela IoT no processo Abastecer. Verificar a possibilidade de mudanças e melhorias em novos processos.

Já para o processo Produzir, quatro questões foram criadas com base na experiência da Empresa A (FA01, FA02, FA03 e FA04), e apenas uma questão (FA05) foi pensada com base na revisão sistemática.

PR01 - São utilizados sensores para identificar o uso dos componentes corretos a serem agregados no produto na linha de produção?

PR02 - A empresa utiliza os dados para identificar potenciais de redução de custos e aumento de produtividade?

PR03 – A empresa utiliza sensores de IoT para acompanhar o funcionamento dos equipamentos e detectar falhas nos processos, no funcionamento dos equipamentos ou para conseguir o melhor uso dos recursos?

PR04 – O gestor consegue acessar toda a planta, obter as informações e enviar ordens de forma remota?

PR05 – A empresa utiliza os sensores para garantir a qualidade dos produtos e reduzir custos com refugo e retrabalho?

A prescrição foi estabelecida com base na experiência que a Empresa A possui de todos os equipamentos interligados via IoT e com acesso remoto a todas as informações em tempo real pelos gestores da organização. Os sensores controlam o funcionamento de todo o processo, verificando as peças que estão sendo agregadas

ao produto, acompanhando o desempenho dos equipamentos, tendências de produção e necessidades de manutenção.

De 0 a 7 pontos, a prescrição é que com a IoT a empresa pode ganhar rastreabilidade e confiabilidade nos processos e reduzir os defeitos de produção, influenciando na confiabilidade dos clientes e na redução dos custos. É possível ter todos os equipamentos interligados via IoT e com acesso remoto a todas as informações em tempo real pelos gestores da organização. Os sensores controlam o funcionamento de todo o processo, verificando as peças que estão sendo agregadas ao produto, acompanhando o desempenho dos equipamentos, tendências de produção e necessidades de manutenção.

De 8 a 13 pontos. Verifique se existe a possibilidade de otimizar a influência da IoT na organização. É possível ter todos os equipamentos interligados via IoT e com acesso remoto a todas as informações em tempo real pelos gestores da organização. Os sensores controlam o funcionamento de todo o processo, verificando as peças que estão sendo agregadas ao produto, acompanhando o desempenho dos equipamentos, tendências de produção e necessidades de manutenção.

De 14 a 20 pontos - a empresa já utiliza a IoT e certamente já percebeu sua influência na redução dos custos, na confiabilidade e na produtividade. Verifique a possibilidade de mudanças e melhorias em novos processos.

Para o processo Entregar, o uso da IoT na armazenagem se assemelha ao uso do processo Abastecer. Assim, foram mantidas as questões. Optou-se por manter as questões de forma separada nos dois processos, considerando que a empresa pode utilizar a IoT em um processo, porém não em outro. As três primeiras questões foram elaboradas a partir da experiência do estudo de caso – com o uso da IoT (EN01, EN02 e EN03), e duas com base na revisão sistemática (EN04 e EN05).

EN01 - A empresa utiliza a IoT para fornecer a rastreabilidade e garantir a qualidade e originalidade do produto ao cliente?

EN02 - A IoT é utilizada para o controle automático de Inventário?

EN03 - A empresa utiliza a IoT para planejar o melhor uso do espaço e equipamentos do armazém?

EN04 - A empresa utiliza a IoT durante o processo de transporte para planejar melhor os recursos e o tempo de carga, descarga e transbordo?

EN05 - Utiliza a IoT para rastrear e monitorar a carga para garantir a qualidade do material ou o realinhamento de rotas quando necessário e aumentar a segurança da carga?

A prescrição foi desenvolvida com base nos resultados da Empresa A e na revisão sistemática da literatura. Na armazenagem, a IoT auxilia garantindo o controle do inventário e a manutenção das condições do ambiente. No processo de transporte, a IoT pode auxiliar no monitoramento da carga para garantir a manutenção dos requisitos ambientais necessários, assim como no rastreamento para realinhar rotas caso seja necessário. A IoT pode garantir ao cliente a qualidade e a originalidade do material e o rastreamento da entrega, agregando valor ao produto.

Para a empresa que obter de 0 a 7 pontos, a prescrição é que a empresa conta atualmente com pouca influência no processo Entregar. Na armazenagem, a IoT auxilia garantindo o controle do inventário e a manutenção das condições do ambiente. No processo de transporte, a IoT pode auxiliar no monitoramento da carga para garantir a manutenção dos requisitos ambientais necessários, assim como no rastreamento para realinhar rotas caso seja necessário. A IoT pode garantir ao cliente a qualidade e a originalidade do material e o rastreamento da entrega, agregando valor ao produto.

De 8 a 13 pontos, já existe alguma influência da IoT no processo Entregar, mas novos sensores ou novos usos poderiam gerar maior controle, redução de custos ou agregar mais valor ao cliente. Na armazenagem, a IoT auxilia garantindo o controle do inventário e a manutenção das condições do ambiente. No processo de transporte, a IoT pode auxiliar no monitoramento da carga para garantir a manutenção dos requisitos ambientais necessários, assim como no rastreamento para realinhar rotas

caso seja necessário. A IoT pode garantir ao cliente a qualidade e a originalidade do material e o rastreamento da entrega, agregando valor ao produto.

De 14 a 20 pontos, a empresa já é influenciada pela IoT no processo Entregar. Verifique a possibilidade de mudanças e melhorias em novos processos.

O processo Retorno foi o que apresentou o menor número de contribuições no estudo de caso. Assim, apenas uma questão foi formulada com base na experiência da Empresa A (RT01), e outras quatro questões foram desenvolvidas a partir da revisão sistemática da literatura (RT02, RT03, RT04 e RT05).

RT01 - As informações captadas são armazenadas para propor melhorias no processo caso um dos produtos apresente defeito?

RT02 - A empresa utiliza a IoT para gerenciar o inventário de resíduos?

RT03 - A empresa utiliza a IoT para gerenciar a coleta dos resíduos e embalagens reutilizáveis nos clientes?

RT04 - A empresa utiliza a IoT para conseguir um melhor aproveitamento das embalagens dos resíduos?

RT05 - A empresa utiliza IoT para gerenciar a emissão de poluentes de seus resíduos?

As preocupações ambientais foram grandes mobilizadoras de ações da IoT encontradas na revisão sistemática da literatura. Já no estudo de caso, a grande preocupação é a necessidade de informação e controle quanto à qualidade do seu produto. Assim, foram criadas as seguintes prescrições:

De 0 a 7 pontos – Com o uso da IoT, a empresa consegue gerenciar melhor o seu passivo ambiental e melhorar a sua confiabilidade em produtos que necessitem de um grande nível de qualidade e controle. Procure investir mais em formas de expandir o aproveitamento dos seus resíduos com uso da tecnologia, além de garantir uma rastreabilidade do processo que possa reverter em análises, possivelmente resultando em melhorias.

De 8 a 13 pontos – É provável que a organização ainda consiga obter novos desempenhos com o uso da IoT. Procure investir mais em formas de expandir o aproveitamento dos seus resíduos com uso da tecnologia, além de garantir uma rastreabilidade do processo que possa reverter em análises, possivelmente resultando em melhorias.

De 14 a 20 pontos – A empresa já é influenciada pela IoT no processo Retorno. Verifique a possibilidade de mudanças e melhorias em novos processos.

Para o processo Realizar, que perpassa dos todos os demais processos, foram estabelecidas questões com relação à implantação de novas tecnologias e também acerca de questões de relacionamento entre os elos da CS. Com base na experiência da Empresa A, foram estabelecidas três questões (RE01, RE02, RE03). Já outros dois questionamentos foram criados a partir das informações da revisão sistemática da literatura (RE04 e RE05).

RE01 - A empresa já utiliza todas as informações captadas pela IoT para auxiliar nas decisões ou criar valor para o cliente?

RE02 - A empresa utiliza outras tecnologias da Indústria 4.0 para viabilizar a flexibilidade e a escalabilidade do uso da IoT?

RE03 - A empresa utiliza uma visão de longo prazo para implantar novas tecnologias integradas à IoT?

RE04 - A empresa utiliza a IoT para oferecer um novo modelo de negócios baseado em serviços?

RE05 - A empresa utiliza a IoT para atrair novos clientes ou facilitar o processo de entrada de novos elos na CS?

De acordo com a experiência da Empresa A, a IoT abre uma grande oportunidade de continuar avançando na aplicação de novas tecnologias e de proporcionar maior valor agregado para o cliente através da confiabilidade, da agilidade e da responsividade. Com base nesta experiência foram elaboradas as seguintes prescrições.

De 0 a 7 pontos – Verifique como é possível usar as informações criadas pela IoT para agregar mais valor ao cliente ou como seria possível escalar o uso da tecnologia e obter novos dados. Repense as possibilidades de uso da IoT para criar modelos de negócios baseados na servitização. A IoT abre uma grande oportunidade de continuar avançando na aplicação de novas tecnologias e de proporcionar maior valor agregado para o cliente através da confiabilidade, da agilidade e da responsividade.

De 8 a 13 pontos – Planeje uma forma de escalar o uso da tecnologia para incluir o uso da IoT, criando assim novos modelos de negócios baseados na servitização e agregando mais valor ao cliente. A IoT abre uma grande oportunidade de continuar avançando na aplicação de novas tecnologias e de proporcionar maior valor agregado para o cliente através da confiabilidade, da agilidade e da responsividade.

De 14 a 20 pontos – Verifique a possibilidade de mudanças e melhorias em novos processos.

Os eixos da SCM de Organização e Pessoas e Tecnologia, Iniciativa, Práticas e Sistemas são muito importantes para garantir o sucesso do uso da IoT e a sua escalabilidade da CS. Assim também foram criadas questões para analisar os eixos e estabelecer algumas prescrições.

Mantendo o padrão, foram estabelecidas cinco questões para cada eixo, com respostas N para Não ou Nunca, P para uso parcial e I para uso integral.

No eixo de Organização e Pessoas foram estabelecidas três questões baseadas no estudo de caso com a experiência relatada pela Empresa A (OP01, OP02 e OP03). Outras quatro questões foram definidas a partir da revisão sistemática de literatura – e, apesar de não mencionadas na entrevista, puderam ser observadas no estudo de caso (OP04 e OP05).

OP01- A empresa possui uma cultura de inovação e aprendizagem contínua?

OP02 - A empresa possui mão de obra qualificada para utilizar a tecnologia ou tem como investir em treinamentos?

OP03 - Existe uma cultura de inovação e aprendizagem nos elos da CS que vão utilizar a tecnologia?

OP04 - Os elos da CS possuem um pensamento ganha-ganha e estão dispostos a fazer adaptações nos processos para utilizar a IOT?

OP05 - Existe confiança, transparência e cooperação entre os elos da CS?

A experiência demonstrada pela Empresa A é que a inovação e uma cultura de aprendizagem contínua são fatores essenciais para que o uso da IoT se estabeleça com sucesso. É preciso investir em treinamento para todos os envolvidos com o uso da tecnologia, e principalmente muita confiança nos parceiros de negócios. Quanto maior a diversidade de acessos aos dispositivos, maior será o risco, bem como a necessidade de confiança, treinamento e cooperação dos outros elos da CS. Essa foi a base para as prescrições.

De 0 a 7 pontos – Reveja a cultura da empresa e alinhe com os pontos necessários. Uma cultura de aprendizagem contínua e inovação é essencial para que o uso da IoT se estabeleça com sucesso. É preciso investir em treinamento para todos os envolvidos com o uso da tecnologia, e principalmente muita confiança nos parceiros de negócios. Quanto maior a diversidade de acessos aos dispositivos, maior será o risco, bem como a necessidade de confiança, treinamento e cooperação dos outros elos da CS. Essa foi a base para as prescrições.

De 8 a 13 pontos – Alguns aspectos culturais ainda precisam ser reestruturados para garantir o sucesso do uso da tecnologia e para escalar o seu uso. É preciso investir em treinamento para todos os envolvidos com o uso da tecnologia, e principalmente muita confiança nos parceiros de negócios. Quanto maior a diversidade de acessos aos dispositivos, maior será o risco, bem como a necessidade de confiança, treinamento e cooperação dos outros elos da CS. Essa foi a base para as prescrições.

De 14 a 20 pontos – A empresa está em um bom caminho. Verifique a eventual necessidade de pequenos alinhamentos.

No eixo de Tecnologia, Iniciativa, Práticas e Sistemas também foram elaboradas cinco questões. Quatro delas tiveram como origem o estudo de caso (TE01, TE02, TE03 e TE04), e uma foi formulada a partir da revisão sistemática da literatura (TE05).

TE01 - Existe um plano de contingência para garantir a continuidade do processo caso ocorra falhas de energia ou problemas na rede?

TE02 - Existe uma infraestrutura de segurança contra ataques de hackers e vírus para todos os níveis de acesso na CS?

TE03 - Há infraestrutura para suportar a guarda e o processamento de quantidade de dados com segurança?

TE04 - Há um plano de infraestrutura e segurança para suportar a escalabilidade do uso da tecnologia?

TE05 - Há um cuidado com os aspectos legais e questões regulatórias com relação ao uso da tecnologia, à segurança e ao uso dos dados de todos os elos da CS?

As prescrições foram estabelecidas com base no estudo de caso. A empresa A mantém uma estrutura trabalhando em tempo integral para garantir a segurança das informações, assim como diferentes formas de controle para seu acesso. Além da segurança do acesso à informação, é importante pensar na infraestrutura para garantir o manuseio de grande quantidade de informação e falhas de energia e conexão de rede.

De 0 a 7 pontos – É primordial, antes de qualquer avanço, investir nas questões de infraestrutura e segurança da informação para que a empresa tenha êxito na implantação da tecnologia. É preciso ter uma estrutura trabalhando em tempo integral para garantir a segurança das informações, bem como diferentes formas para controlar seu acesso. Além da segurança do acesso à informação, é importante pensar na infraestrutura para garantir o manuseio de grande quantidade de informação e falhas de energia e conexão de rede.

De 8 a 13 pontos – Procure investir mais em infraestrutura e segurança para suportar o crescimento do número de dispositivos e garantir a segurança das informações de todos os elos da CS. É preciso ter uma estrutura trabalhando em tempo integral para garantir a segurança das informações, bem como diferentes formas para controlar seu acesso. Além da segurança do acesso à informação, é importante pensar na infraestrutura para garantir o manuseio de grande quantidade de informação e falhas de energia e conexão de rede.

De 14 a 20 pontos – Em caso de escalar o uso da tecnologia e aumentar o número de sensores e dispositivos ou de acessos, verifique se não há a necessidade de novos investimentos e se a estrutura atual é suficiente para atender a outros elos da CS.

Para cada bloco de análise foi utilizada uma cor, que foi replicada para as prescrições correspondentes com o objetivo de facilitar a procura.

Além das prescrições, para cada questão foi analisado em quais princípios da Indústria 4.0 mencionados por Lu (2017), Koh, Orzes e Jia (2019), Sacomano *et al.* (2018) e Oztemel e Gursev (2018) aquele aspecto poderia exercer maior influência, sendo representado pelas iniciais I para Interoperabilidade, D para descentralização, V para virtualização, M para modularidade, C para capacidade em tempo real e O para orientação a serviços.

Na PL01, ao utilizar os sensores para acompanhar o funcionamento dos equipamentos, prever as manutenções e rever planejamentos, a empresa estará aumentando a interoperabilidade porque faz a ligação entre máquinas e sistemas, garantindo a troca de dados e a descentralização, pois diferentes colaboradores da empresa recebem os dados e podem interceder mediante a necessidade. A modularidade se faz presente porque fornece as informações necessárias para dar suporte às decisões de mudança na flexibilização da produção. A capacidade é gerenciada em tempo real em função da troca de dados, também ocorrida em tempo real.

A PL02 refere-se à aplicação da IoT no estoque, possibilitando ajustes de planejamento. Esse uso influencia a interoperabilidade, fazendo a conexão de

produtos, sistemas e pessoas; a virtualização, representando no virtual as informações do mundo real; e a modularidade, ao permitir ajustes de planejamento e adequação a flutuações, bem como uma capacidade de coletar e analisar dados em tempo real.

Já a PL03 analisa o uso dos dados por outros elos da CS, influenciando a interoperabilidade, a virtualização e a capacidade em tempo real vindas da transformação dos dados do mundo físico para o digital. Ocorre nesse processo a orientação a serviços, pois as informações serão úteis para os outros membros da CS em seus planejamentos, e até mesmo em outros usos – como a garantia da qualidade e originalidade.

O uso da IoT na PL04, que faz menção ao uso das informações para tomar decisões sobre portfólio de produtos e serviços, amplia a interoperabilidade com a conexão entre diferentes sistemas, máquinas, produtos e humanos; a modularidade, pois influencia mudanças e adaptações para atender uma demanda ou uma necessidade da organização; a capacidade em tempo real de orientação a serviços pela sua capacidade de proporcionar um benefício ao cliente.

Para a PL05, que está relacionada à captação dos dados da demanda, a IoT influencia na interoperabilidade, virtualização e capacidade em tempo real, conectando os objetos ao mundo digital, a modularidade e a orientação aos serviços pelo uso da informação para o planejamento, permitindo assim oferecer melhorias ao cliente.

Para Abastecer e Entregar, foram formuladas quatro questões comuns aos dois processos, uma vez que o uso da tecnologia é o mesmo na atividade de armazenagem e durante o processo de transporte. Assim, a classificação será a mesma. Uma das questões está relacionada ao fluxo do processo, mudando apenas o direcionamento de fornecedores para clientes.

Na AB01 e EN02, o uso da IoT para o controle de inventário influencia na interoperabilidade devido à conexão dos produtos com os sistemas; na virtualização, pois há dispositivos monitorando o processo físico; na capacidade em tempo real, pela sua transmissão em tempo real do que está acontecendo; e na orientação a serviços,

porque esta informação pode ser oferecida a outros parceiros de negócios ou departamentos da organização para uso em suas decisões. A mesma explicação se dá para a influência da IoT na rastreabilidade, com o objetivo de garantir a qualidade e a originalidade da AB02 e EN01.

A AB03 e a EN03 mencionam o uso da IoT para planejar melhor o uso dos espaços e equipamentos, além da interoperabilidade, virtualização e capacidade em tempo real derivada do uso dos sensores para saber em tempo real o posicionamento dos produtos. Assim, tem-se uma influência na descentralização e na modularidade, considerando que as máquinas podem influenciar os fluxos de trabalhos e se adaptarem às mudanças.

As questões AB04, AB05, EN04 e EN05 estão relacionadas ao uso da IoT para o rastreamento de transporte e influenciam no desenvolvimento da interoperabilidade, descentralização, virtualização, capacidade em tempo real, modularidade e orientação a serviços. Além do uso dos sensores possibilitarem a representação do físico no digital, com informações em tempo real que permitem tomar decisões e influenciar o processo, essas informações podem ser utilizadas como um serviço ao cliente ao garantir a qualidade do material durante o transporte e oferecer as informações do rastreamento de GPS, que podem ser utilizadas para o planejamento do tempo de recebimento da mercadoria.

No processo produzir, a influência da IoT foi analisada nas questões PR01, PR02, PR03, PR04 e PR05. O uso dos sensores nos equipamentos para prever diferentes falhas nas questões PR01 e PR03 influenciam na interoperabilidade, virtualização e capacidade em tempo real no uso dos dispositivos para captar as informações utilizadas para a análise e na descentralização e modularidade, uma vez que o sistema é programado para parar automaticamente em casos de não conformidade e para liberar outros processos através da comunicação entre máquinas.

O uso das informações para obter redução de custos e ganhos de produtividade da questão FA02 influenciam apenas a interoperabilidade, a capacidade em tempo real e a virtualização, com uso dos sensores para captar as informações e enviá-las ao mundo digital para servirem como base de decisões.

A PR04 questiona o acesso remoto aos dados e aos equipamentos da empresa, influenciando assim todos os aspectos analisados de interoperabilidade, descentralização, virtualização, modularidade, capacidade em tempo real e orientação a serviços.

Já a PR05 está relacionada ao uso da IoT no que se refere à qualidade e à redução de refugos e retrabalhos, influenciando a interoperabilidade, a virtualização, a capacidade em tempo real e a descentralização em virtude da intervenção automática em caso de problemas.

Quando analisadas as influências da IoT no processo de Retorno, a questão RT01 influencia na interoperabilidade, virtualidade e modularidade, uma vez que não utiliza as informações em tempo real, mas acaba por oferecer melhorias em processos.

A RT02 está relacionada à gestão do inventário, recebendo a mesma influência da EN02 e AB01.

As questões RT03 e RT04 abordam o uso de sensores para gerenciamento de resíduos e embalagens retornáveis, influenciando assim todos os aspectos de interoperabilidade, virtualização, capacidade em tempo real, modularidade, descentralização e orientação a serviços.

A RT05 analisa o uso de sensores para gerenciar a emissão de resíduos, influenciando a interoperabilidade, capacidade em tempo real e virtualização, além da descentralização, para que ações sejam tomadas caso seja necessário.

A mesma lógica de análise foi estabelecida para o processo realizar. Todas as questões deste processo influenciam a interoperabilidade, a capacidade em tempo real e a virtualização, pois todas estão relacionadas ao uso de sensores para transformar informações do mundo real em digitais, com transmissão em tempo real.

A RE01 influencia também a descentralização e a orientação a serviços com o compartilhamento das informações para outros elos da CS.

Na RE02 são analisadas as questões de flexibilidade e escalabilidade. Assim, a IoT influencia também a descentralização e a modularidade.

Quando a IoT pode ser utilizada com outra tecnologia, tal como na questão RE03, a influência se dá na modularidade, além dos outros três aspectos já mencionados.

Ao pensar na implantação de novos negócios, a IoT influencia a descentralização e a orientação a serviços, além das questões da interoperabilidade, virtualização e capacidade em tempo real.

Por fim, a RE05 questiona o uso da tecnologia para facilitar a implantação de novos elos. A influência nesta questão se dá pela interoperabilidade, virtualização, capacidade em tempo real e pela orientação a serviços, que será o ponto chave para a integração.

Após as análises realizadas, são apresentadas a seguir, no capítulo 6, as conclusões obtidas sobre a realização da pesquisa.

6 CONCLUSÕES

Esta tese foi elaborada com o objetivo de desenvolver um modelo para avaliar o nível de aproveitamento dos benefícios decorrentes do uso da tecnologia IoT em apoio aos processos de negócio da Gestão da Cadeia de Suprimentos.

Seu objetivo foi atingido por meio dos dados obtidos com a revisão sistemática da literatura e do estudo de caso realizado em uma empresa que utiliza a IoT e se encontra no caminho para a Implantação da Indústria 4.0 no setor automobilístico.

Para o desenvolvimento do modelo, foram levantados os principais benefícios que a IoT pode proporcionar aos processos de negócios do modelo SCOR, bem como os aspectos culturais, de segurança e infraestrutura que influenciam a SCM e devem ser levados em consideração por gestores que pensam em utilizar a tecnologia.

O modelo desenvolvido apresenta um questionário envolvendo os três eixos da SCM: Processos de Negócios, Tecnologia, Iniciativa, Práticas e Sistemas e Organização e Pessoas.

No eixo de Processos de Negócio, foram elaboradas questões que permitem ao gestor analisar a influência da IoT no momento atual da organização. Para cada processo-chave do SCOR foram elaboradas cinco questões. Ao somar os pontos das respostas, o gestor recebe uma prescrição de como poderia utilizar melhor a tecnologia. Para cada questão também foram analisados quais aspectos da Indústria 4.0 recebem maior influência caso aquela aplicação da IoT seja uma realidade na organização.

Ao longo do desenvolvimento da pesquisa, foram abordados os objetivos específicos propostos de apresentar as discussões atuais e relevantes sobre SCM e sobre o modelo SCOR; analisar as contribuições e os desafios do uso da IoT na SCM que podem influenciar na decisão de implantar ou não a tecnologia através de uma revisão sistemática; e desenvolver um modelo conceitual com base nos estudos realizados.

Os dados coletados demonstraram que a primeira suposição apresentada na pesquisa foi comprovada: a IoT pode ser aplicada em todos os processos de negócios do modelo SCOR. A revisão sistemática de literatura foi categorizada pelos processos de negócios e o modelo desenvolvido sintetizou todos os benefícios obtidos por processo de negócio.

Assim, a segunda preposição verificada e comprovada na pesquisa foi a possibilidade de a IoT contribuir de diferentes formas para cada processo-chave de negócio. A diversidade de sensores e tecnologias utilizadas na captação dos dados permite diferentes aplicações da IoT, proporcionando múltiplas formas de contribuição à SCM e a cada processo de negócio.

6.1 Contribuições Teóricas

Para o desenvolvimento do modelo, foi realizada uma revisão sistemática de literatura que resultou na apresentação dos principais benefícios proporcionados pela IoT para cada processo de negócio do SCOR: planejar, abastecer, produzir, entregar, retorno e realizar. O estudo interligou elementos antes desconexos na literatura estudada, pois nenhuma das referências de estudo apresentou todos os aspectos analisados reunidos em um único artigo.

O estudo resultou na descoberta de que a IoT influencia também os aspectos culturais da organização, as questões de segurança e infraestrutura e também na definição dos aspectos que devem ser levados em consideração para o uso da tecnologia.

Para além do desenvolvimento do modelo, foi possível ainda verificar que a IoT pode contribuir para a melhora de todos os índices do primeiro nível de indicadores do modelo SCOR, colaborando também para o desenvolvimento dos princípios da Indústria 4.0 na SCM.

Os índices do SCOR que podem ser melhorados com o uso da IoT são: atendimento perfeito do pedido, tempo de ciclo do pedido, adaptabilidade da CS aos clientes, adaptabilidade dos fornecedores à CS, valor geral em risco, custo total de gerenciamento da CS, custo dos produtos vendidos, ciclo do fluxo de caixa, retorno sobre os ativos fixos da cadeia e retorno sobre o capital. Desse modo, contribuem para os atributos analisados pelo modelo SCOR de confiabilidade, responsividade, agilidade, custo e gestão de ativos.

A tese apresenta uma revisão sobre IoT com foco na visão de um gestor – e não de desenvolvedores da área de tecnologia, facilitando o entendimento sobre a tecnologia e suas áreas de contribuições para o gestor uma empresa do setor industrial.

O material apresentado possui o referencial construído com base em artigos internacionais e autores que são referência nos assuntos mencionados, podendo ser utilizado como base para pesquisas futuras.

Quanto ao modelo desenvolvido, destaca-se que o mesmo apresenta uma autoavaliação da organização quanto ao uso da IoT, mensurando a influência atual da tecnologia e oferecendo prescrições para obtenção de melhorias.

Durante a autoavaliação, o gestor pode verificar quais aspectos da Indústria 4.0 são os mais influenciados pelas questões analisadas, direcionando assim sua decisão sobre em quais aspectos e ações investir em planos de melhorias.

6.2 Contribuições Gerenciais

O modelo desenvolvido tem como propósito auxiliar o gestor a conhecer a influência exercida pela IoT junto aos processos da SCM.

Com a consciência dos benefícios, as empresas que já utilizam IoT podem valer-se das informações do modelo a fim de encontrar novas formas para ampliar o uso da tecnologia.

A síntese desenvolvida como base para o desenvolvimento do modelo pode ser utilizada como uma guia para decidir sobre implantar ou não a tecnologia, quais benefícios o gestor pode obter em cada processo de negócio da CS e se estes estão alinhados ao objetivo da organização. As informações apresentadas auxiliam o gestor a se preparar para a implantação da tecnologia, alinhando os aspectos culturais da organização e da CS e proporcionando a informação necessária para fazer um correto alinhamento das expectativas em termos de necessidade de infraestrutura e de segurança, o que permite o desenvolvimento de um plano de implantação mais detalhado e um melhor estudo da viabilidade financeira.

Como resultado, o modelo oferece ao Gestor da SCM um caminho para verificar como a IoT influencia os processos-chave do Modelo SCOR através de uma autoavaliação e fornece prescrições de como cada um pode ser melhorado. Para cada questão analisada, são demonstrados quais os atributos da indústria 4.0 (interoperabilidade, descentralização, virtualização, modularidade, capacidade em tempo real e orientação de serviços) que mais podem ser influenciados por meio do seu desenvolvimento.

As empresas que já utilizam a IoT – mas encontram problemas em seu uso ou no seu processo de implantação – também podem encontrar no modelo um caminho para encontrar possíveis soluções.

A tese apresenta outras tecnologias da Indústria 4.0 que podem ser utilizadas em conjunto para obter maiores benefícios, alcançar novos desafios estratégicos e para auxiliar na gestão de problemas de segurança e infraestrutura.

6.3 Limitações da Pesquisa

Os temas que compõem o desenvolvimento da pesquisa permitem o desenvolvimento de múltiplas contribuições, mas é preciso um corte para a finalização do trabalho por questões de tempo, limites de acesso a informações e recorte metodológico. Assim, algumas limitações ocorreram durante o desenvolvimento desta pesquisa.

As iniciativas da SCM se apresentam sob o modelo de processos de negócios, sendo os mais utilizados o Framework SCM e o modelo SCOR. Esta pesquisa foi baseada no modelo SCOR. Ainda sobre o recorte da pesquisa, foi selecionada a visão sob o aspecto da influência da tecnologia e dos processos, não entrando na análise inicial o aspecto das pessoas.

O método selecionado para a pesquisa foi a revisão sistemática da literatura e o Estudo de Caso.

Para a revisão sistemática da literatura foi selecionada a base de dados da SCOPUS, o que limitou o resultado ao universo de artigos publicados e aos critérios estabelecidos para a seleção dos mesmos. Como a IoT é uma tecnologia em desenvolvimento, novas contribuições podem surgir a partir da experiência de outras pesquisas sobre o tema.

O estudo de caso foi realizado em apenas uma empresa industrial do setor automobilístico. Assim, os resultados apresentados apresentam-se como verdadeiros para a realidade desta organização e deste setor (uma empresa industrial do setor automobilístico), sendo necessário o desenvolvimento de estudos posteriores a fim de verificar se os resultados ora apresentados podem ser aplicados em contextos de organizações pertencentes a outros setores industriais.

A empresa apresentada no estudo de caso utiliza a tecnologia, porém não cobre todas as possibilidades de uso da IoT. Para além desse aspecto, apenas a empresa foco foi visitada – e um de seus gestores foi entrevistado. Desse modo, a análise da influência para a CS foi desenvolvida apenas a partir do ponto de vista do profissional.

O modelo proposto foi desenvolvido levando em consideração a visão do gestor da área de SCM, e não de acordo com a perspectiva de desenvolvedores de tecnologia ou de outras áreas da organização.

O modelo desenvolvido não foi validado, podendo ser aplicado e validado no futuro em propostas de novas pesquisas.

6.4 Sugestões para Pesquisas Futuras

Com a pesquisa realizada e o modelo desenvolvido, propostas de continuidade do estudo apresentado – ou ainda novas pesquisas – foram surgindo.

A primeira proposição se refere à aplicação do modelo em empresas industriais de diferentes setores para a sua validação.

O modelo foi desenvolvido para a IoT, e a mesma metodologia poderia ser utilizada para encontrar a contribuição de outras tecnologias da Indústria 4.0 para a SCM, tais como a inteligência artificial, *bigdata*, *blockchain* e outras que se apresentarem.

Para a tese em questão foi utilizado o modelo SCOR, porém uma nova pesquisa pode ser desenvolvida tendo como base os processos de negócios do Framework SCM.

O uso da IoT remodelou os processos e influenciou no relacionamento das empresas da SCM, possibilitando uma pesquisa para a adequação ou o desenvolvimento de indicadores de desempenho das organizações que utilizam a tecnologia.

Apesar do foco inicial não envolver o pilar de pessoas da estrutura da SCM, tal aspecto se mostrou relevante para o sucesso da implantação e do uso da tecnologia, demandando assim novas pesquisas envolvendo o aprofundamento do perfil profissional e dos aspectos culturais necessários para o sucesso.

Durante a pesquisa, verificou-se que a IoT possibilitou o desenvolvimento de novos modelos de negócios, colaborando para o oferecimento de serviços agregados aos processos de fabricação. Nesse contexto, um possível estudo a ser desenvolvido envolveria investigar quais são esses novos modelos – e como desenvolvê-los.

Outra possível vertente para pesquisas futuras é a questão das regulamentações já existentes e que precisam ser desenvolvidas para ampliar os benefícios do uso da tecnologia.

Por fim, destaca-se que a pesquisa foi desenvolvida no setor industrial. Novos estudos podem ser conduzidos em outros setores, tais como o agronegócio, a construção civil, a saúde, o terceiro setor, o segmento de serviços e ainda exclusivamente junto a micro e pequenas empresas.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-BASSET, M; MANOGARAN, G.; MOHAMED, M. Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: a framework for building smart, secure and efficient systems. **Future Generation Computer Systems**, v. 86, p. 614-628, 2018.
- AHMAD, M.S.; SHAH, S.M. Moving Beyond the Crypto-Currency Success of Blockchain: A Systematic Survey. **Scalable Computing**, v. 22, n. 3, p. 321-345, 2021.
- AHMED, M., *et al.* IoT data qualification for a logistic chain traceability smart contract. **Sensors**, v.21, n. 6, art. N. 2239, p. 1-25, 2021.
- AKHTAR, M.M., *et al.* Efficient data communication using distributed ledger technology and iota-enabled internet of things for a future machine-to-machine economy. **Sensors**, v. 21, n. 13, art. n. 4354, p. 1-38, 2021.
- ALKHOORI, O., *et al.* Design and Implementation of CryptoCargo: A Blockchain-Powered Smart Shipping Container for Vaccine Distribution. **IEEE Access**, v. 9, art. n. 9395097, p. 53786-53803, 2021.
- ALMEIDA, P.S. **Indústria 4.0: princípios básicos, aplicabilidade e implantação na área industrial**. São Paulo: Érica, 2019.
- ALVES, P. S. **Estudo Exploratório Baseado na Utilização de Ferramentas da Indústria 4.0, IA e big data, visando a melhoria de processos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, 2021.
- AMATO NETO, J. **Redes de Cooperação Produtiva e Clusters Regionais – oportunidades para as pequenas e médias empresas**. São Paulo: Atlas, 2000.
- ASCM. **Association for Supply Chain Management**. Disponível em: <www.apics.org.br>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- ASGARI, N.; *et al.* Supply Chain Management 1982-2015: A review. **IMA Journal of Management Mathematics**, v. 27, n. 3, p. 353–379, 2016.
- APICS. **SCOR v12 framework**. Chicago, 2017.
- ARYAL, A.; *et al.* The emerging big data analytics and IoT in supply chain management: a systematic review. **Supply Chain Management: An International Journal**, 2018.
- ASSAQTY, M.I.S., *et al.* Private-Blockchain-Based Industrial IoT for Material and Product Tracking in Smart Manufacturing. **IEEE Network**, v. 34, n. 5, art. n. 9199799, p. 91-97, 2020.

AZIZI, N., *et al.* IoT–blockchain: Harnessing the power of internet of thing and blockchain for smart supply chain. **Sensors**, v.21, n.18, art. N. 6048, 2021.

BAMUNUARACHCHI, D., *et al.* Digital twins supporting efficient digital industrial transformation. **Sensors**, v. 21, n. 20, art. n. 6829, p. 1-33, 2021.

BARATA, J.; CUNHA, P.R.; STAL, J. Mobile supply chain management in the Industry 4.0 era: An annotated bibliography and guide for future research. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 31, n. 1, p. 173–192, 2018.

BARRETO, L.; AMARAL, A.; PEREIRA, T. Industry 4.0 implications in logistics: an overview. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 1245–1252, 2017.

BHUTTA, M.N.M.; AHMAD, M. Secure Identification, Traceability and Real-Time Tracking of Agricultural Food Supply during Transportation Using Internet of Things. **IEEE Access**, v. 9, art. n. 9417183, p. 65660-65675, 2021.

BIRKEL, H.S., HARTMANN, E. Internet of Things – the future of managing supply chain risks. **Supply Chain Management**, v. 25, n. 5, p. 535-548, 2020.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2001.

BOWERSOX, D.; CLOSS, D.; COOPER, M. **Gestão Logística da Cadeia de Suprimentos**. Porto Alegre: AMGH, 2014.

BRETTEL, M., *et al.* How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: an Industry 4.0 Perspective. **International Journal of Information and Communication Engineering**, v. 8, n. 1, p. 37-44, 2014.

BRYNJOLFSSON, E., MCAFEE, A. **Novas Tecnologias versus Empregabilidade: como a revolução digital acelera a inovação, desenvolve produtividade e transforma de modo irreversível os empregos e a economia**. São Paulo: M.Books, 2014.

_____. **A Segunda Era das Máquinas: progresso e prosperidade em uma época de tecnologias brilhantes**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2015.

CHAUHAN, C.; SINGH, A. A review of Industry 4.0 in supply chain management studies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 31, n. 5, p. 863–886, 2019.

CHEUNG, K.F., BELL, M.G.H. Attacker–defender model against quantal response adversaries for cyber security in logistics management: An introductory study. **European Journal of Operational Research**, v. 291, n. 2, p. 471-481, 2021.

CHRISTOPHER, M. The Agile Supply Chain Management Competing in Volatile Markets. **A Industrial Marketing Management**, v. 29, p. 37–44, 2000.

_____. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. São Paulo: Cengage, 2018.

CHRISTOPHER, M., TOWILL, D.R. Developing Market Specific Supply Chain Strategies. **International Journal of Logistics Management**, v. 13, p. 1-14, 2002.

COLLI, M., *et al.* Translating transparency into value: an approach to design IoT solutions. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 32, n. 8, p. 1515-1532, 2021.

CONFORTO, E.C., AMARAL, D.C., SILVA, S.L. Roteiro para Revisão Bibliográfica Sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. **8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Projetos**. Set. 2011. Porto Alegre, RS.

COOPER, M.C., LAMBERT, D.M.; PAGH, J.D. Supply Chain Management: More than a New name for Logistics. **The International Journal of Logistics Management**. V.8, n.1, p. 01-14, 1997.

CORREA, H.L. **Administração de Cadeias de Suprimentos e Logística: integração na era da Indústria 4.0**. São Paulo: Atlas, 2019.

CORREA, J.S., *et al.* IoT and BDA in the Brazilian future logistics 4.0 scenario. **Production**, v. 30, p. 1-14, 2020.

COSTA, A.B., ZOLTOWSKI. Como Escrever um Artigo de Revisão Sistemática. In KOLLER, S.K., COUTO, M.C.P.de P. **Manual de Produção Científica**. Porto Alegre: Penso, 2014, p. 55-70.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

_____. **Investigação Qualitativa e Projeto de Pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens**. Porto Alegre: Penso, 2014.

CROXTON, K.L. et al. The Supply Chain Management Processes. **International Journal of Logistics Management**, v.12, n.2, p.13-36, 2001.

CSCMP. **Council of Supply Chain Management Professionals**. Disponível em: <<http://www.cscmp.org>>. Acesso em: 06 jun. 2016.

DALLASEGA, P. Industry 4 . 0 Fostering Construction Supply Chain Management : Lessons Learned From Engineer-to-Order Suppliers. **IEEE Engineering Management Review**, v. 46, n. 3, p. 49–55, 2018.

DALLASEGA, P.; RAUCH, E.; LINDER, C. Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review. **Computers in Industry**, v. 99, n. August 2017, p. 205–225, 2018.

DAVIES, J.; WANG, Y. Physically Unclonable Functions (PUFs): A New Frontier in Supply Chain Product and Asset Tracking. **IEEE Engineering Management Review**, v. 49, n. 2, art. N. 9388862, p. 116-125, 2021.

DERWIK, P.; HELLSTRÖM, D. Competence in supply chain management: a systematic review. **Supply Chain Management**, v. 22, n. 2, p. 200–218, 2017.

DWEEKAT, A. J.; HWANG, G.; PARK, J. A supply chain performance measurement approach using the internet of things: Toward more practical SCPMS. **Industrial Management and Data Systems**, v. 117, n. 2, p. 267–286, 2017.

DWIVEDI, S.K., *et al.* Blockchain-Based Internet of Things and Industrial IoT: A Comprehensive Survey. **Security and Communication Networks**, art. n. 7142048, p.1-21, 2021.

EDUSSURIYA, C., *et al.* BAT—block analytics tool integrated with blockchain based IoT platform **Electronics**, v. 9, n. 9, art. N. 1525, pp. 1-20, 2020.

EL MIDAOU, M., *et al.* Logistics tracking system based on decentralized IoT and blockchain platform. **Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science**, v.23, n. 1, p. 421-430, 2021.

ELLRAM, L.M.; COOPER, M. Supply Chain Management: It's all about yhe journey, not the destination. **SCM: Journey**, v.50, n.1, p. 8-20, 2014.

ELSEVIER. Disponível em:

<https://www.elsevier.com/solutions/scopus?dgcid=RN_AGCM_Sourced_300005030>.

Acesso em: mai. 2022.

FARQUHARSON, N., MAGETO, J., MAKAN, H. Effect of internet of things on road freight industry. **Journal of Transport and Supply Chain Management**, v. 15, art. n. a581, p. 1-11, 2021.

FATORACHIAN, H., KAZEMI, H. Impact of Industry 4.0 on supply chain performance. **Production Planning and Control**, v. 32, n. 1, p. 63-81, 2021.

FONTES, M.T.; SPIEGEL, T., CAULLIRAUX, H. M. Análise da aplicabilidade do modelo SCOR à gestão setorial: limites e benefícios de sua adoção. XVI SIMPEP. **Anais...** . p.1–10, 2008.

FRANCO, D. **Modelo de aplicação de tecnologias da indústria 4.0 no setor logístico: estudo de casos múltiplos em empresas pequenas e médias do setor moveleiro**. 127 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de Produção) - Universidade de Araraquara - UNIARA, 2021.

FRAZZON, E. M. *et al.* Towards Supply Chain Management 4.0. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 16, n. 2, p. 180–191, 2019.

GAO, Z. *et al.* CoC: A Unified Distributed Ledger Based Supply Chain Management System. **Journal of Computer Science and Technology**, v. 33, n. 2, p. 237–248,

2018.

GAO, Q., *et al.* Simulation analysis of supply chain risk management system based on IoT information platform. **Enterprise Information Systems**, v. 14, n. 9-10, p. 1354-1378, 2020.

GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2018.

GUBÁN, M., KOVÁCS, G. Industry 4.0 Conception. **Bulletin of Engineering**. Facicule1, p. 111-114, Jan-Mar/2017.

GUERHARDT, F. Proposta de framework para adoção de IoT no gerenciamento de uma cadeia de suprimentos da indústria de autopeças. 150 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Nove de Julho, 2019.

HE, L., XUE, M., GU, B. Internet-of-things enabled supply chain planning and coordination with big data services: Certain theoretic implications. **Journal of Management Science and Engineering**, v. 5, n. 1, p. 1-22, 2020.

HOFFMANN, E. *et al.* Supply chain management and Industry 4.0: conducting research in the digital age. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 49, n. 10, p. 945–955, 2019.

IEL/NC, Instituto Euvaldo Lodi / Nucleo Central. **Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante de inovações disruptivas**. Brasília: IEL/NC, 2018a.

_____. **Síntese dos Resultados. Volume 1 – Tecnologias Disruptivas e Indústria: situação atual e avaliação prospectiva**. Brasília: IEL/NC, 2018b.

JABBOUR, C.J.C. *et al.*, Digitally-enabled sustainable supply chains in the 21st century : A review and a research agenda. **Science of Total Environment**. v. 725, 2020.

JAGTAP, S., GARCIA-GARCIA, G., RAHIMIFARD, S. Optimization of the resource efficiency of food manufacturing via the Internet of Things. **Computers in Industry**, v.127, art. n. 103397, p. 1-13, 2021.

JAHANI, N., *et al.* Application of industry 4.0 in the procurement processes of supply chains: A systematic literature review. **Sustainability** (Switzerland), v. 13, n.14, art. n. 7520, p.1-25, 2021.

KELLER, M. *et al.* How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. **International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering**, v. 8, n. 1, p. 37–44, 2014.

KOH, L.; ORZES, G.; JIA, F. The fourth industrial revolution (Industry 4.0): technologies disruption on operations and supply chain management. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 39, n. 6, p. 817–828,

2019.

KONCAR, J., et al. Setbacks to IoT implementation in the function of FMCG supply chain sustainability during COVID-19 pandemic. **Sustainability**, v. 12, n. 18, art. N. 7391, 2020.

KOOT, M.; MES, M.R.K.; IACOB, M.E. A systematic literature review of supply chain decision making supported by the Internet of Things and Big Data Analytics. **Computers and Industrial Engineering**, v. 154, art. n. 107076, p. 1-28, 2021.

KOTLER, P., KARTAJAYA, H., SETIAWAN, I. **Marketing 4.0 – do tradicional ao digital**. Rio de Janeiro: Sextante, 2017.

KOZMA, D., VARGA, P. Supporting digital supply chains by IoT frameworks: Collaboration, control, combination. **Infocommunications Journal**, v. 12, n. 4, p. 22-32, 2020.

KRUPITZER, C.; STEIN, A. Food informatics—review of the current state-of-the-art, revised definition, and classification into the research landscape. **Foods**, v. 10, n. 11, art. 2889, 2021.

LAKATOS, E. M., MARCONI, M.A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2010.

LAMBERT, D.M., COOPER, M.C., PAGH, J.D. Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities. **The International Journal of Logistics Management**. V.9, n.2, p.1-19, 1998.

LAMBERT, D. M.; ENZ, M. G. Issues in Supply Chain Management: Progress and potential. **Industrial Marketing Management**, v. 62, p. 1–1, 2017.

LEE, V. H. *et al.* The effects of supply chain management on technological innovation: The mediating role of guanxi. **International Journal of Production Economics**, v. 205, n. September 2016, p. 15–29, 2018.

LIU, X. *et al.* Blockchain-based smart tracking and tracing platform for drug supply chain. **Computers and Industrial Engineering**, v. 161, art.107669, 2021.

LONG, W.; WU, C.H.; TSANG, Y.P.; CHEN, Q. An end-to-end bidirectional authentication system for pallet pooling management through blockchain internet of things (BloT). **Journal of Organizational and End User Computing**, v. 33, n. 6, p. 1-24, 2021.

LU, Y. Industry 4.0: A Survey on Technologies, Applications and Open Research Issues, v. 6, p. 1 – 10, 2017.

LUMMUS, R. R; VOKURKA, R. J. Defining Supply Chain Management: a historical perspective and practical guidelines. **Industrial Management & Data Systems**, 99/1, p.11-17, 1999.

LUTHRA, S.; MANGLA, S. K. Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 117, p. 168–179, 2018.

LYU, Z., *et al.* Towards Zero-Warehousing Smart Manufacturing from Zero-Inventory Just-In-Time production. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 64, art. n. 101932, p. 1-11, 2020.

MASTOS, T.D., *et al.* Industry 4.0 sustainable supply chains: An application of an IoT enabled scrap metal management solution. **Journal of Cleaner Production**, v. 269, art. n. 122377, p. 1-13, 2020.

MATANA, G.M. **Indústria 4.0: proposta de um método de avaliação do grau de aderência de equipamentos de logística interna ao conceito de sistemas físico-cibernéticos. 225p.** Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, 2019.

MAZZEI, D., *et al.* A Blockchain Tokenizer for Industrial IOT trustless applications. **Future Generation Computer Systems**, v. 105, p. 432-445, 2020.

MISTRY, I., *et al.* Blockchain for 5G-enabled IoT for industrial automation: A systematic review, solutions, and challenges. **Mechanical Systems and Signal Processing**, v.135, 2020.

MUNUZURI, J., *et al.* Using IoT data and applications to improve port-based intermodal supply chains. **Computers and Industrial Engineering**, v. 139, art. N. 105668, 2020.

NAKAYAMA, R.S., DE MESQUITA SPÍNOLA, M., SILVA, J.R. Towards I4.0: A comprehensive analysis of evolution from I3.0. **Computers and Industrial Engineering**, 144, art. no. 106453, 2020.

NOZARI, H., *et al.* Analysis of Security Criteria for IoT-Based Supply Chain: A Case Study of FMCG Industries. **Central European Management Journal**, v.29, n. 4, p. 149-171, 2021a.

NOZARI, H., *et al.* Big data analysis of IoT-based supply chain management considering FMCG industries. **Business Informatics**, v. 15, n. 1, p. 78-96, 2021b.

O'BRIEN, J.A., MARAKAS, G.M. **Administração de Sistemas de Informação.** Porto Alegre: AMGH, 2013.

OUF, S. A Proposed Architecture for Pharmaceutical Supply Chain Based Semantic Blockchain. **International Journal of Intelligent Engineering and Systems**, v. 14, n. 3, p. 31-42, 2021.

OZTEMEL, E., GURSEV, S. Literature review of Industry 4.0 and related technologies. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 1, p. 1–56, 2018.

PALMA-MENDOZA, J. A. Analytical hierarchy process and SCOR model to support

supply chain re-design. **International Journal of Information Management**, v. 34, n. 5, p. 634–638, 2014.

PANDEY, S. et al. Cyber security risks in globalized supply chains: conceptual framework. **Journal of Global Operations and Strategic Sourcing**, v. 13, n. 1, p. 103–128, 2020.

PERSSON, F. SCOR template – A simulation based dynamic supply chain analysis tool. **International Journal of Production Economics**, v. 131, n. 1, p. 288–294, 2011.

PIRES, S.R.I. **Gestão da Cadeia de Suprimentos: conceitos, estratégias, práticas e casos – Supply Chain Management**. São Paulo: Atlas, 2004.

_____. **Gestão da Cadeia de Suprimentos (Supplychain management): conceitos, estratégias, práticas e casos**. São Paulo: Atlas, 2016.

QUEIROZ, M. M.; FOSSO WAMBA, S. Blockchain adoption challenges in supply chain: An empirical investigation of the main drivers in India and the USA. **International Journal of Information Management**, v. 46, p. 70–82, 2019.

QUN SONG, A., et al. A Supply-chain System Framework Based on Internet of Things Using Blockchain Technology. **ACM Transactions on Internet Technology**, v. 21, n. 1, art. n. 13, p. 1-24, 2021.

REICHARDT, E., NICHOLS, L.J. SCOR Your ISO Certification. **Quality Standards**, v.42, n.2, p.44-47, Feb 2003.

REYES, P.M., VISICH, J.K., JASKA, P. Managing the Dynamics of New Technologies in the Global Supply Chain. **IEEE Engineering Management Review**, v. 48, n. 1, art. N. 8967062, p. 156-162, 2020.

SACOMANO, J.B. et al. **Indústria 4.0: conceitos e fundamentos**. São Paulo: Blucher, 2018.

SAMPIERI, R.H., CALLADO, C.F., LUCIO, M.P.B. **Metodologia de Pesquisa**. Porto Alegre: Penso, 2013.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SCHWAB, K., DAVIS, N. **Aplicando a quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2018.

SHAHZAD, A., ZHANG, K., GHERBI, A. Intuitive development to examine collaborative iot supply chain system underlying privacy and security levels and perspective powering through proactive blockchain. **Sensors**, v. 20, n. 13, art. n. 3760, p. 1-27, 2020.

SHOKOUHYAR, S., PAHLEVANI, N., MIR MOHAMMAD SADEGHI, F. Scenario analysis of smart, sustainable supply chain on the basis of a fuzzy cognitive map. **Management Research Review**, v.43, n. 4, p. 463-496, 2020.

SIMON, A.T; *et al.* Evaluating Supply Chain Managemet: A Methodology based on a Theoretical Model. **RAC**, v. 19, n. 1, p. 26-44, Jan/Fev 2015.

SINGH, R.; DWIVEDI, A.D.; SRIVASTAVA, G. Internet of things based blockchain for temperature monitoring and counterfeit pharmaceutical prevention. **Sensors**, v. 20, n. 14, art. N. 3951, p. 1-23, 2020.

SLACK, N., *et al.* **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1996.

_____. **Administração da Produção: edição compacta**. São Paulo: Atlas, 2006.

STANK, T., *et al.* Toward a Digitally Dominant Paradigm for twenty-first century supply chain scholarship. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.49, n. 10, p. 956-971, 2019.

SWANSON, D. *et al.* An analysis of supply chain management research by topic. **Supply Chain Management**, v. 23, n. 2, p. 100–116, 2018.

SWEENEY, E.; GRANT, D. B.; MANGAN, D. J. Strategic adoption of logistics and supply chain management. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 38, n. 3, p. 852–873, 2018.

TAO, Q. *et al.* Big data driven agricultural products supply chain management: A trustworthy scheduling optimization approach. **IEEE Access**, v. 6, p. 49990–50002, 2018.

TRAN-DANG, H.; KIM, D.-S. The Physical Internet in the Era of Digital Transformation: Perspectives and Open Issues. **IEEE Access**, v. 9, p. 164613-164631, 2021.

TURBAN, E., VOLONINO, L. **Tecnologia da Informação para Gestão: em busca do melhor desempenho estratégico e operacional**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

UNAL, D. *et al.* Integration of federated machine learning and blockchain for the provision of secure big data analytics for Internet of Things. **Computers and Security**, v. 109, art. n. 102393, p.1-14, 2021.

VARRIALE, V., *et al.* Sustainable supply chains with blockchain, IoT and RFID: A simulation on order management. **Sustainability**, v. 13, n. 11, art. n. 6372, p.1-23, 2021.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 12ed. São Paulo: Atlas, 2010.

VERRI, E. L. A. **O papel da internet das coisas (IoT) na relação entre estratégia da cadeia de suprimentos e desempenho operacional na perspectiva da teoria**

de custos de transação, 162 p. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2020.

VIVALDINI, M., PIRES, S.R.I. **Operadores Logísticos: integrando operações em cadeias de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2010.

VON SIMSON, A. E. et al. Use of the SCOR framework in service industries: an exploratory research. **Production and Operations Management Society**, 2014.

WEIBHUHN, S., HOBERG, K. Designing smart replenishment systems: Internet-of-Things technology for vendor-managed inventory at end consumers. **European Journal of Operational Research**, v. 295, n. 3, p. 949-964, 2021.

WU, C. H., et al. A blockchain-iot platform for the smart pallet pooling management. **Sensors**, v. 21, n. 18, art. N. 6310, p. 1-21, 2021.

WU, L., et al. Smart supply chain management: a review and implications for future research. **The International Journal of Logistics Management**, v. 27, n. 2, p. 395-417, 2016.

XIE, Y. et al. Intelligent supply chain performance measurement in Industry 4.0. **Systems Research and Behavioral Science**, v. 37, n. 4, p. 711–718, 2020.

YADAV, S., GARG, D., LUTHRA, S. Development of IoT based data-driven agriculture supply chain performance measurement framework. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 34, n. 1, p. 292-327, 2020.

YERPUDE, S., SINGHAL, T.K. Value enablement of collaborative supply chain environment embedded with the internet of things: Empirical evidence from the automotive industry in India. **International Journal of Intelligent Information Technologies**, v. 16, n. 3, p. 19-51, 2021.

YIN, R.K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZHOU, Z., et al. Logistics supply chain information collaboration based on FPGA and internet of things system. **Microprocessors and Microsystems**, v. 80, art. N. 103589, p. 1-6, 2021.

ZHU, Q.; SHAH, P.; SARKIS, J. Addition by subtraction: Integrating product deletion with lean and sustainable supply chain management. **International Journal of Production Economics**, v. 205, p. 201–214, 2018.

Apêndice 1 – Questões do Estudo de Caso

1. Como classifica a empresa: 1.0, 2.0, 3.0 ou 4.0?
2. Poderia me explicar um pouco de como a tecnologia IoT é utilizada na empresa?
3. Que outras tecnologias estão associadas ao uso da IoT (Blockchain, Big Data, Inteligência Artificial, Robotização, Manufatura Aditiva)?
4. A implantação foi um projeto de curto, médio ou longo prazo?
5. Quais as necessidades iniciais da organização que influenciaram a decisão de implantar IoT?
6. Quais as dúvidas que surgiram na decisão de implantar ou não a tecnologia?
7. Quais os maiores desafios com o uso da tecnologia?
8. Como gestor, qual o maior desafio ao escolher uma tecnologia para ser implantada?
9. Quais os processos da empresa utilizam IoT (planejamento, recebimento, produção, expedição e retorno)?
10. Quais os ganhos obtidos com o uso da tecnologia para a empresa?
11. Quais ganhos obtidos ou refletidos para a CS? (Interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidade em tempo real, orientação de serviços e modularidade).

Apêndice 2 - Resposta das questões do Estudo de Caso

- 1) A empresa atualmente está no estágio 4.0.

- 2) Atualmente a tecnologia IoT é uma realidade muito grande na empresa, essa estratégia é utilizada em todas as áreas, buscando velocidade / facilidade / transparência para o dia a dia. Falando um pouco mais na área da manufatura, podemos destacar em 3 partes, sendo:

Source: Conexão com a parte de suprimentos de fornecedores, desde o plano da puxada junto aos fornecedores, até o consumo do material no ponto de uso da manufatura

- Sistemas que se interagem (avaliação da puxada do componente junto ao fornecedor);
- Sistemas de automação dos dados para que a visualização de flutuações possam ser identificadas de forma mais rápida e tomadas de decisões sejam realizadas e o impacto na cadeia não seja muito abalado;
- Sistema de puxada de material do estoque até o ponto de uso, utilizando tecnologia por rádio frequência.

Make: máquinas conectadas para receberem as informações do processamento e manter rastreabilidades de processo / arquivamento dos dados / estudos de tendencias / avisos em avançado para o usuário informando tendencia saindo de controle;

Delivery:

- Sistemas que se interagem (avaliação da puxada do cliente);
- Sistemas de automação dos dados para que a visualização de flutuações possa ser identificada de forma mais rápida e tomadas de decisões sejam realizadas e o impacto na cadeia não seja muito abalado.

3) Como uma grande multinacional de inovação, utilizamos todos estes conceitos associados ao IoT. Dentro de nossa divisão, podemos destacar:

- **Bigdata** – Um dos maiores desafios no dia de hoje para as grandes corporações. A quantidade de dados geradas em nossa divisão é algo inimaginável a alguns anos atrás. Para o desenvolvimento dos sensores e câmeras que suportam o desenvolvimento dos carros autônomos temos a necessidade de gerar gravações de vídeos em diversas situações. Posteriormente estes vídeos precisam ser processados para identificação de placas de sinalização, pedestres, animais, outros veículos, enfim, cada “objeto” que é detectado pelos inúmeros sensores e câmeras ao redor do veículo. Estes dados coletados são enviados para a matriz na Europa onde temos um data center com storage na ordem de pentabytes, isso apenas para esta atividade de pesquisa e desenvolvimento. Quando vamos para o universo fabril temos a coleta de diversos dados dentro do processo de produção. A coleta destes dados é importante para análise de tendências, como por exemplo identificar parâmetros que antecederam a quebra de uma máquina, o que nos permite criar códigos para antecipar futuras quebras fazendo a manutenção antecipadamente.
- **Robotização** – Nossos processos fabris estão cada vez mais automatizados e integrados no conceito de I4.0. Dentro do processo de maturidade estamos neste momento focados na análise de dados para identificar potenciais de redução de custos e aumento de produtividade. Adicionalmente estamos investindo muito forte na robotização de processos administrativos, isto é, na criação de robôs para realização de atividades repetitivas desempenhada pelos nossos colaboradores. Utilizamos as principais soluções do mercado, como Automation Anywhere, Power BI, Tableau, Alterix, etc.
- **Manufatura aditiva:** Nossa divisão na América latina ainda não utiliza este conceito, porém na matriz (Europa) sabemos que ele é amplamente usado. Lá eles utilizam impressoras 3D de ponta e colhem todos os benefícios que a tecnologia é capaz de entregar.

4) A implantação já nasceu nesta divisão, pois toda a tecnologia embarcada para o produto necessita deste controle, podemos dizer que a automação dos dados vem crescendo muito e incentivada pela alta direção nos últimos 2 anos.

5) Muito conectado com a resposta 4 (produto de segurança puxou essa tecnologia). Como uma empresa que tem um dos seus principais lemas “Tecnologia para a vida” o desdobramento dentro de nossa divisão ocorreu dentro das necessidades e tendências de nossos produtos ditados pela expectativa do mercado para o futuro, como por exemplo os carros semi ou totalmente autônomos.

6) Como a tecnologia já vem sendo aplicada desde a origem da divisão, a dificuldade não foi muito grande, o que temos que superar é saber qual a melhor ferramenta a ser aplicada e sempre buscarmos o equilíbrio entre o quanto será necessário empreender o esforço para a conquista do benefício esperado (neste momento o “desejo” é um grande vilão para o processo). O uso do IoT está no DNA da empresa, portanto o rollout do conceito dentro de nossa divisão foi algo automático levando em consideração o portfólio de produtos que produzimos. A aplicação é também facilitada dentro de uma estrutura hierarquizada pois se há o apoio do Board, a implantação da nova mentalidade é feita sem grandes barreiras (top-down) com visão de médio/longo prazo.

7) Como explicado na questão 6, temos que tomar o cuidado com soluções “milagrosas” e sabermos realmente / no detalhe a necessidade do negócio, para que a solução mais adequada seja a implementada, nem sempre termos a solução de IoT (última geração com o maior custo implementado) vai trazer os benefícios esperados e assim o investimento sem o retorno poderá fazer a ferramenta cair em descrédito.

Um dos principais desafios é a curva de aprendizado considerando a enorme estrutura de colaboradores que temos. A aplicação do IoT exige não só um grande investimento em infraestrutura, mas também nas pessoas para uso adequado destas tecnologias, sem deixar de mencionar é claro o fator inovação o que implica naturalmente em aprender a lidar com erros, consequência do “criar algo novo”, o que leva também a necessidade de se aprimorar o gerenciamento de riscos.

8) Como gestor o maior desafio é conectar a tecnologia com a necessidade do negócio e fazer a tecnologia entrar no organismo da organização, fazer parte do DNA do dia a dia dos usuários e buscarmos a melhor produtividade com o uso da tecnologia a ser empregada. Outro papel fundamental que exerço é na identificação de potenciais

para nomeação/atuação em funções chaves dentro do universo de I4.0. Todos os nossos colaboradores precisam compreender a I4.0 de uma forma geral, mas sabemos que poucos efetivamente terão condições e o perfil para atuar efetivamente na parte técnica.

9) Temos praticamente todas os processos utilizando o IoT atualmente na nossa organização

10) Ganhos são enormes, muitos casos não mensuráveis como uma transparência nos dados, fazendo com que o usuário possa identificar uma solução onde sem a tecnologia não conseguiria visualizar. Podemos destacar também que temos ganhos mensuráveis com a velocidade na análise dos dados de produção e antevermos uma tendencia onde poderíamos ter uma quebra de um equipamento e a intervenção foi realizada com o suporte da tecnologia (análises preditivas por exemplo).

11) Os ganhos que já observamos com o uso da tecnologia são enormes e já foi possível termos vários programas se interagindo em processo de monitoramento e disparando funções para outros programas, como por exemplo:

- Existência de um monitoramento de uma máquina / emitir informações para usuários / emitir ordens para outros programas para iniciarem atividades/serviços em paralelo

Apêndice 3 - Transcrição da Entrevista

Pesquisadora: Eu me lembro que em visita realizada em 2020 para conhecer o processo, a empresa já usava com maestria o IoT, essa tecnologia vocês usam só setor automotivo ou em outras famílias de produtos também?

Entrevistado: O que ajudou muito a empresa ter ido para esse caminho, desde a concepção, é porque nós estamos fortemente dentro da indústria automotiva, então a indústria automotiva pede muita parte do desenvolvimento porque a gente está lidando com produtos de extrema segurança. Então, quando a gente produz os produtos a gente tem que deixar registros do que foi produzido, como eles se conversam.

Então, eu acredito que a grande parte da indústria automotiva, independente da empresa que nós estamos falando, se ela está nesse ramo, as próprias normas exigem esses registros. E com a evolução dos anos a parte da internet das coisas começou a ganhar cada vez mais força e esses registros que de uma forma eram feitos fisicamente, eles começaram a ir para dentro das nuvens, para ter uma condição até melhor de lidar com esses dados. Eu acredito que a evolução nesse quesito foi muito com relação a necessidade de ter esses dados de forma rápida, de forma precisa e eles nos guiar. Porque não adianta nada você ter dados e não olhar para ele, eles têm tendências e eles começam a te nortear. Quando a gente sai um pouco da área automotiva para outros nichos de mercados, o Brasil tem uma condição do agro fortíssima e a nossa empresa também está muito conectada com esse nicho de mercado.

A Internet das Coisas também está entrando nesses quesitos de como vou monitorar uma fazenda, como eu vou monitorar o gado para ele ter uma condição de ter um processo de engorda cada vez mais padrão e a gente conseguir o êxito lá na frente. Eu acho que a internet das coisas está conectada para todos os nichos possíveis que a gente for querer utilizar. Nesse quesito, eu acho que aqui dentro a pandemia só fez com que o processo fosse cada vez mais acelerado. Imagina, a gente tinha um *timeline* para serem introduzidas as atividades e a pandemia, com essa questão de a

gente estar longe e ao mesmo tempo perto, como o que nós estamos fazendo agora aqui, eu acho que acelerou muito esse processo para muitas outras atividades.

Então vamos falar um pouquinho das atividades administrativas. Então hoje nós temos que ter algum controle de treinamentos dos funcionários, por exemplo, e foi possível também fazer um processo de automação desses dados onde os registros eram imputados e tinha um período com que esse treinamento tinha que ter uma reciclagem e isso ficava na mão de pessoas. Com a Internet das Coisas também foi possível colocar um sistema onde ele vai te alertar quando o treinamento está se espirando e você tem que fazer uma atualização novamente, então assim, o nicho de mercado é para todas as atividades.

Pesquisadora: Como gestor atuando com as atividades de logística e de Supply Chain, de onde surgiu a decisão de implantar a internet das coisas e como foi a relação com a área de TI para projetar como aconteceria, quais as dificuldades ... porque essa experiência da implantação conta muito para a pesquisa.

Entrevistado: Primeiro a gente tem que acreditar. A empresa que nós estamos aqui nos dá esse suporte. O principal representante entende que isso é um caminho sem volta. Eu brinco com o meu time que não tem mais como fugir desse mundo da conexão. Hoje eu sou responsável pelo value stream completo, desde a entrada, o processamento e a entrega. Então meu chapéu está dentro da gerência de manufatura, só que eu tenho muito contato com as pessoas das extremas ou seja tanto logística do inbound quanto a logística do outbound. Então quando a gente está falando um pouquinho de fornecedores, existe um planejador para fazer essa puxada desse fornecedor.

Ele tem que trazer a quantidade certa, no tempo certo, existem componentes que tem validade, então não adianta eu trazer mais para eu consumir menos, então isso ficava muito do controle das pessoas. Nós temos todo o sistema de MRP que funciona, só que a gente começou a entender um processo para gente tentar conectar isso com alguns fornecedores também. Olhando todo o inbound e o outbound a gente teve a conexão dos fornecedores para a gente reduzir a flutuação. Porque é muito dinâmico, quando a gente fala de logística, existe corte, existe aumento de volume, tem

problemas. Eu falo que é um organismo, um organismo do ser humano, muitos problemas podem acontecer e a logística tem que fazer com o efeito colateral seja cada vez menor. Então, essas flutuações, quando existem e a gente consegue ter uma condição onde os dados ficam de forma registrada, a gente consegue verificar a conexão ao longo do tempo.

É no começo do mês que os meus pedidos tem uma estabilidade melhor e no final ele tem uma estabilidade pior porque é fechamento de mês. Então o que eu posso fazer para reduzir essas flutuações? E a internet das coisas nos trouxe essa condição pra gente conseguir reduzir esses efeitos colaterais. Então o planejador agora não fica mais preocupado em querer saber qual que é a flutuação o dado já está transparente. Então imagina, eu tenho um bastidor que faz a magia da análise dos dados e ele já traz para o planejador de logística e se dava então ele vai usar o tempo dele para ir para a solução, não para tentar fechar os dados não transparentes.

Pesquisadora: Vocês já usam inteligência artificial para ajudar nessa análise ou simplesmente os sistemas de big data filtrando e trazendo análise deles?

Entrevistado: O primeiro step é o sistema da big data. Ele estar nos dando qual que seria o caminho. Em alguns casos a gente já iniciou o processo da inteligência artificial. Então hoje, a maioria, um percentual de 90% dos casos nossos hoje de IoT ele está trazendo a transparência, trazendo a velocidade das informações para que o planejador não gaste o tempo dele para deixar esses dados dessa forma enfim atuar na solução.

Saindo um pouco do processo do source, que é trazer os insumos para dentro, em que eu hoje tenho um programa onde eu vou controlar esses dados e o fornecedor tem o dele, normalmente nunca são os mesmos é óbvio. Então eu estou tentando hoje buscar essas informações dos dados do fornecedor para eu ter meu big data aqui e o meu processo me dar uma transparência, por exemplo um Power BI. Eu pego alguns dados coloco no Power BI e coloco um activi, um cockpit, um chart, para ter essas tendências do planejador trabalhar.

Quando eu estou dentro do meu processo de fabricação, eu consigo ter um pouco mais de navegação por que eu já tenho programas padronizados dentro do meu mundo corporativo então eu consigo também coletar esses dados, vou na minha nuvem busco e consigo já iniciar alguma interatividade. Eu vou te dar um exemplo. Hoje eu tenho um controle aqui na minha linha de produção aonde eu faço uma transformação de um produto. Eu tenho um processo de cravamento. Eu vou fazer uma montagem que faz um cravamento, ele me deforma um material. Eu tenho um controle por sensores das máquinas aonde ele vai me mostrar qual que é a distância onde essa ferramenta se deslocou e qual que é a força que ela fez pra esse material ser trabalhado.

Então esses dados sobem para a minha nuvem e eu tenho um controle mínimo e máximo. Então imagina, eu estou produzindo por vários dias, várias horas e eu tenho uma tendência. E aí eu consigo verificar esses dados que eles estão indo para uma linha de extrema. O que nós estamos fazendo agora com esses dados? A hora que esse dado me percorre essa linha de Extrema e ele rompe essa Barreira, é um problema que eu tenho no meu processo eu posso quebrar uma ferramenta eu posso gerar um scrap e aí eu vou ter um custo.

Eu vou ter um custo do problema gerado e o custo de uma interrupção de uma linha parada para voltar a condição básica. Então essa análise de dados possibilitou verificar que ela começou a ter uma condição borderline de Extrema, o sistema identifica, informa por uma mensagem pro nosso engenheiro, o engenheiro começa a fazer essa análise e também em paralelo essa mensagem é informada para a nossa manutenção, para já disparar uma manutenção preventiva. Então eu consegui usar os dados que estavam disponíveis na nuvem em um sistema automático que já me gerou 2 caminhos, um informativo para o engenheiro avaliar e outro para manutenção já fazer uma troca da ferramenta.

Então a gente começou a já ir pro caminho de uma inteligente artificial. Ele pode se autogerenciar e se auto corrigir ao mesmo tempo. E a gente começou isso porque dentro do nosso processo a gente tem essas condições mais simples para a gente poder fazer, porque o programa já é nosso. Aí eu como gestor, visualizo que é fantástico porque é uma condição onde estamos usando o que nós temos de bom

para conseguir ganhar maturidade, reduzir custos e ter uma excelência operacional cada vez melhor.

Pesquisadora: Quando eu estive na empresa em 2020, logo no início da produção, vocês colocavam um sensor de RFID que acompanhava a peça por todo o processo de agregação de valor e ao final, quando a peça era expedida, vocês retiravam o RFID para reutilizar no processo. Vocês continuam fazendo assim ou já mudaram?

Entrevistado: Nós evoluímos sim. Porém ainda quando a gente está trazendo um componente nosso warehouse, então todo componente que chega aqui pelo caminhão e ele é destinado para o nosso recebimento, ele ganha esse cartão RFID. Porque a gente viu que essa transferência do material físico, quando ele é dado baixa no sistema, na época que era feita no manual, tinha erros. Por exemplo eu vou requisitar o material com 100 peças, eu requesito, esse material sobe fisicamente com 100, só que o operador logístico hora que ele ia fazer a transferência no sistema ele me manda com 80 e a gente começa a ter um gap de inventário.

Com o sistema RFID, quando nós introduzimos, quando ele já entrou na planta, ele já ganhou esse RFID e o RFID já tem a quantidade que está na embalagem. Então quando eu requesito, não tem um erro mais manual, então isso foi fantástico para nós. Dentro de alguns processos ainda existiam no processo de manufatura o sistema RFID. Hoje o RFID só está no processo inbound para o processo de fabricação e ele é muito bom nesse quesito.

Dentro da fábrica agora nós estamos com o QR Code. O que acontece hoje, a hora que o produto chega na nossa área de fabricação, ele tem o QR Code. Vou dar um exemplo, um bloco de alumínio hoje nós já exigimos do fornecedor nosso que ele já faça o QR code na fabricação dele. Então lá no fornecedor já tem as informações de processo dele da liga do material e tudo mais quando ele chega aqui para eu utilizar essa peça eu uso esse mesmo QR code. Então eu consigo ter a rastreabilidade da minha máquina do meu processo, do meu horário de fabricação e tudo mais.

Pesquisadora: Isso é fantástico, porque um dos grandes gargalos dentro dessa área de gestão da cadeia de suprimentos era essa transferência. Como transferir os dados

ao longo de toda a cadeia porque o sensor não é tão barato assim. Levar um sensor a cadeia toda era difícil, então com o QR code você consegue migrar a parte das informações necessárias.

Entrevistado: Com certeza tem os efeitos colaterais de custo. Tudo tem um custo, toda qualidade tem um custo, você também tem que avaliar como que você vai estar tendo o seu custo-benefício porque às vezes o desejo, também deixei bem claro no questionário, tem coisas que são desejo e tem coisas que são relacionadas realmente ao seu benefício. Vou dar um exemplo novamente, O QR code, para toda a estação eu tenho que ter uma Câmera pra fazer essa leitura e isso tem um custo.

Mas esse custo se paga. Ele vai me trazer a minha garantia de qualidade da peça a minha garantia de rastreabilidade. Ele vai me garantir que eu não pulo etapas de processo de fabricação. Eu tenho componentes que são pequenos, você vai se recordar e eles já possuem QR Code também e eu utilizo esse QR Code para fazer a leitura. Ou seja, aquele componente que está entrando naquela etapa de fabricação é o que eu preciso naquele momento? Então eu faço a leitura dele e a máquina verifica com os parâmetros e fala se esse é o componente correto, se pode utilizar. Então a gente também tem essa garantia dentro do processo de fabricação

Pesquisadora: E com relação à segurança dos dados? Relacionado a IoT, hoje em dia, essa tem sido uma das grandes discussões, principalmente ao longo da cadeia. Porque uma coisa é quando eu tenho a minha informação interna e outra coisa é quando eu tenho que dividir informação, mandar via satélite informação e coisas assim. Os dados ficam muito mais suscetíveis. Vocês têm todo um suporte com relação a segurança? Como foi essa preocupação de vocês, logo no começo ou isso veio com a maturidade?

Entrevistado: Aqui na rede nossa, nós chamamos de algumas vilãs. Nós temos aqui muitos gates. Para você ter uma ideia, a cada sessão de fabricação, nós temos a rede com a proteção, com a Vilã x por exemplo. Então ali nós temos o controle, por exemplo, se alguma pessoa pode ir espetar um pendrive em um computador da fábrica e pode existir algum vírus e essa área de fabricação ela já tem um antivírus que ela já passa para justamente se acontecer algum problema de algum vírus ele

ficar numa determinada área e não contaminar toda a rede da planta. Tem preocupação com algumas seções de garantia e também tem uma equipe gigantesca que é do I.O.T. que está monitorando 24 horas a parte Brasil e também tem a parte América, a parte Europa e a parte global. A gente tem toda essa conexão.

Por exemplo, hoje, para você ter ideia, todos os nossos computadores aqui eles têm bitlocker. Pra você entrar hoje na rede, ele faz uma análise antes. Porque hoje eu consigo acessar a rede da planta em qualquer lugar do mundo. Eu posso entrar num Cyber café e pegar a rede de Wi-Fi dele e entrar dentro da rede da planta. Só que a hora que eu faço essa conexão, eu já estou entrando com meu user ID da empresa, com a minha senha e ela já faz a verificação automaticamente para impedir com que qualquer problema de hacker possa entrar e qualquer vírus.

Pesquisadora: quais seriam os principais problemas no caso de uma ataque ao sistema de IoT? Quais seriam as principais perdas para a empresa? Qual o principal cuidado de vocês? De não alterarem uma informação, descobrir um segredo de fábrica?

Entrevistado: Nosso produto é um produto eletrônico. Dentro dele nós temos 2 memórias dentro do nosso produto, a memória onde a empresa consegue entrar e a memória onde o cliente entra, que são as montadoras. Justamente para a gente ter essa segurança. Então quando a gente fala: e se entrar algum hacker e querer mudar alguma condição de parâmetros de processo ele consegue? Já foi feito uma análise para justamente ele não conseguir isso. Nós estamos falando do Cyber security hoje. Os carros estão cada vez mais indo pra parte autônoma, em que o carro é vai estar tendo uma vida independente.

O grande medo hoje dessas empresas é justamente com os hackers, se ele não vai entrar dentro do carro e dar um comando que ele não vai frear e vai bater e causar um acidente. Existem muitas preocupações em relação a isso e existem muitos segredos que eles vão mudando a cada login. Nós sabemos que a cada vez que existe uma atuação do produto ele vai ter um incremento onde ele vai estar tendo mudanças de senha para justamente reduzir essa possibilidade. Mitigar praticamente a entrada de um hacker. O nosso produto hoje tem essa chave justamente para conseguir que

a gente tenha essa garantia. E quando a gente fala de processo de fabricação, o nosso grande medo claro é o hacker colocar um vírus aqui e perder os dados de parâmetro de processo de fabricação.

Aí você fala assim: poxa, mas aí vocês vão estar impedido de fornecimento? Não vai ser impedido mas vai acontecer atrasos porque que a gente vai ter que reconfigurar novamente os parâmetros, as condições aonde a gente tem as vendas de produto que é totalmente eletrônico, nota fiscal eletrônica, a gente não vai poder realizar faturamento,... o hacker pode sequestrar os nossos dados e no fim falar: é só a partir de x retorno financeiro que eu vou te liberar novamente. Então existe essa preocupação mas estamos adotando todas essas condições para a gente não cair nessa cilada.

Pesquisadora: Toda essa maturidade foi sendo implantada ao longo de um determinado tempo. Do momento que vocês falaram “vamos começar a utilizar internet das coisas” até atingir um mínimo de maturidade implantável para o sistema, foi quanto tempo?

Entrevistado: quando a gente fala da nossa empresa, o slogan dela já é tecnologia para a vida. desde o nosso fundador há décadas atrás já vinha pra essa condição. Nós já tínhamos um produto eletrônico, então já foi mais fácil, já entrou um pouco no nosso DNA. Então se eu te falar quanto tempo demorou, precisamente eu não consigo te responder. Desde a essência da empresa, desde o fundador. É mais fácil de trabalhar dessa forma? Com certeza, com certeza!

As pessoas que estão procurando para entrar na nossa empresa já são pessoas que buscam a tecnologia. Principalmente na parte da Engenharia. Quando a gente fala da internet das coisas, ela está conectada em tudo praticamente. Só pra você ter uma ideia, hoje, o restaurante tem lá a catraca onde você vai passar para consumir. Então ele já sabe que eu sou o colaborador que gosta mais de consumir naquele padrão de horário e consome mais aquele tipo de prato que serve aqui dentre os vários cardápios. Ele consegue também captar suas informações e trazer uma condição em que o restaurante também tem que evitar o desperdício de alimentos e a gente

conseguiu colocar essa ideia implantada em praticamente todas as áreas aqui na empresa.

Pesquisadora: Hoje, na sua opinião, existem empresas multinacionais gigantescas que ainda são indústrias 2.0, 3.0. Ainda não tem nenhum tipo de inovação em IoT ou qualquer outra nova tecnologia. Ainda estão no seu processo mecanicista, mesmo sendo multinacionais, mesmo tendo dezenas de linhas de produtos diferentes. Então de onde vem essa necessidade de implantar uma nova tecnologia? Você falou que no caso de vocês já vem meio no histórico, vocês sempre foram inovadores e gostam de sempre buscar pela inovação. Em uma outra empresa, que ainda é 3.0, como isso vem? Por exemplo da indústria, a montadora, quem mandou foi o elo mais forte que tem que pressionar para isso acontecer?

Entrevistado: Eu acho que não é por esse caminho... o meu cliente está exigindo eu preciso fazer isso acontecer. Eu vou falar novamente, é um caminho sem volta a internet das coisas. Eu acho que a empresa, por mais forte que ela seja no mercado, se não for para esse caminho no seu corebusiness. É óbvio, por aqui eu também tenho algumas áreas em que eu não vou estar colocando a internet das coisas. Não faz sentido, não se paga.

Eu vou dar um exemplo: eu tenho um mercado aqui que eu estou fornecendo pro aftermarketing, que são produtos antigos, são carros antigos aonde eu tenho que manter o financiamento por 25 anos. Eu jamais irei fazer um investimento numa linha antiga só pra eu falar “ai eu tenho cem por cento de todas as minhas áreas na internet das coisas”. Então assim, a gente tem que buscar realmente aquilo que vai se pagar e aonde a gente quer chegar como a referência.

Então assim, eu quero ser a referência para o mercado core do meu maior volume, do meu maior cliente, aonde eu tenha todas as condições de ter uma rastreabilidade, ter todas as internet das coisas conectadas porque ela também vai me dar um benefício, excelência operacional e eu também vou conseguir ter um custo da minha operação muito melhor do que o meu concorrente. Então assim, não é porque o meu cliente exige e sim porque nós entendemos que eu preciso de um investimento naquela condição, naquela entrega daquele produto, naquela cadeia completa.

Porque se um dia acontecer algum problema eu vou ser mais rápido para informar, eu vou ser mais rápido para melhorar, para eu conseguir fazer meu produto mais barato e eu ter meu lucro melhor.

Então é essa a visão que nós temos aqui. Acho que agora vou falar um pouquinho como se eu estivesse trabalhando para uma outra empresa. Eu, como gestor iria colocar esse mindset para a diretoria. Nós temos que entender aqui, fazer com que esse processo nosso seja o mais conectado possível para eu tirar a maior excelência dele, para que eu tenha minha redução de custo da operação. Porque eu tenho os dados, a tendencia dos dados, já estão na nuvem. Ele me mostra uma tendência e mesmo assim eu estou tendo uma quebra? Eu estou tendo parada de fabricação sendo que eu tenho os dados na minha frente que pode se autocorrigir? Eu acho que esse é o caminho e aí sim você vai estar cada vez mais inovando e buscando 4.0, 5.0 e daí para diante.

Um ponto que eu queria mencionar é o que eu vejo sobre o profissional do futuro. Eu tenho um filho pequeno e já adora mexer no celular, na internet. Eu acredito que os profissionais do futuro, por mais que você busque uma outra formação que não tem nada a ver com internet das coisas, eu vou te dar um exemplo que a minha formação é na parte administrativa, em psicologia, uma área da saúde, você vai precisar de internet das coisas.

Qualquer área você vai ter que entender um pouco, é... ser curioso, buscar por isso. Hoje, a automação dos dados está em tudo. Então eu acredito que o profissional que fechar as portas para essa condição, ele vai perder muito. Aí eu falo um pouco do gestor. Eu vou completar 18 anos na empresa onde eu estou hoje. Eu entrei na empresa como estagiário, fui subindo de nível e hoje eu estou como gerente de operações. Eu fui treinado para ser um gestor, um líder de pessoas.

Quando a gente está aí subindo de nível na hierarquia, a gente vai se afastando um pouco da tecnologia para cuidar das pessoas, e olha só que coisa interessante, eu estava vendo um podcast tipo uns 2 meses atrás, falando justamente da internet das coisas. E eles estavam falando que o gestor do futuro, além dele cuidar das pessoas, ele também deverá ser muito técnico. Porque não vai caber mais o gestor de pessoas

não ser mais técnico. Ele vai ter que saber dos 2 agora, não só de gerenciar pessoas, mas também a parte técnica porque você não vai conseguir mais conversar com seu time. Então isso chama muita atenção, a transformação que está acontecendo nesses últimos anos e o que vai acontecer mais no futuro próximo ela é muito grande. Então as pessoas que acham que chegou no nível de gestão que não precisa mais entrar no nível da tecnologia está muito errada.

Pesquisadora: E aí como que o gestor vai trazer inovações para empresa, como vai conseguir propor coisas novas se não tem conhecimento?

Entrevistado: Exato, aí o gestor de pessoas que é muito técnico, ele também não tem esse feeling para lidar com as pessoas, para saber como que está os soft skills das pessoas. Olha só que interessante, existem pessoas que são muito boas em tecnologia, só que não sabem lidar com pessoas. Tem pessoas que sabem lidar com as pessoas, que não são técnicas, então em esse mercado se dividiu nos últimos anos. Só que agora está tendo uma divergência onde se você quiser ser realmente gestor de pessoas além desse soft skills você também tem que ir pro hard.

A minha formação é engenheiro mecatrônico, então eu atuei um pouco na área de automação e controle sim, e agora estou bem mais para a área de gestão de pessoas. Mas assim, eu tenho que conhecer o todo, porque senão você realmente não consegue conversar com as pessoas que estão vindo da parte técnica. E isso me ajudou bastante, então assim eu vejo que também existem gaps onde eu devo buscar as informações, isso é uma dica para os gestores.