

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

SILVESTRE EDUARDO ROCHA RIBEIRO JUNIOR

IoT E SEUS IMPACTOS NO DESEMPENHO ECONÔMICO: ESTUDO DE CASO EM
UMA EMPRESA DO SETOR DE AUTOPEÇAS

**São Paulo
2020**

SILVESTRE EDUARDO ROCHA RIBEIRO JUNIOR

***IoT* E SEUS IMPACTOS NO DESEMPENHO ECONÔMICO: ESTUDO DE CASO EM
UMA EMPRESA DO SETOR DE AUTOPEÇAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Profa. Dra. Rosangela Maria Vanalle - Orientadora

São Paulo

2020

Ribeiro Junior, Silvestre Eduardo Rocha.

IoT e seus impactos no desempenho econômico: estudo de caso em uma empresa do setor de autopeças. / Silvestre Eduardo Rocha Ribeiro Junior. 2020.

103 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2020.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Rosangela Maria Vanalle

1. Internet das Coisas (*IoT*). 2. Gerenciamento da cadeia de suprimentos (GCS). 3. Desempenho econômico. 4. Autopeças.

Vanalle, Rosangela Maria. II. Título.

CDU 658.5

TERMO DE APROVAÇÃO



PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

DE

Silvestre Eduardo Rocha Ribeiro Junior

Título da Dissertação: IOT e seus Impactos no Desempenho Econômico: Estudo de Caso em uma Empresa do Setor de Autopeças.

A Comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, considera o(a) candidato(a) Silvestre Eduardo Rocha Ribeiro Junior **Aprovado**

São Paulo, 25 de agosto de 2020.

Prof(a). Dr(a). Rosângela Maria Vanalle (UNINOVE / PPEP) – Orientadora

Prof(a). Dr(a). Milton Vieira Junior (UNIMEP / PPGE) - Membro Externo- Membro Externo

Prof(a). Dr(a). Wagner Cezar Lucato (UNINOVE / PPGE) - Membro Interno

Prof(a). Dr(a). Geraldo Cardoso de Oliveira Neto (UNINOVE / PPGE) - Membro Interno

AGRADECIMENTOS

AO MEU DEUS, Ser Supremo, pela vida e a possibilidade de trilhar esse caminho evolutivo, por propiciar tantas oportunidades de estudos e por colocar em meu caminho pessoas amigas e preciosas.

A MINHA FAMÍLIA, especialmente à minha esposa Sarah, incansável e incondicional companheira. Aos meus pais e irmãs que, mesmo estando a alguns quilômetros de distância, se mantiveram firmes em suas manifestações de apoio e carinho.

AOS AMIGOS de Mestrado que compartilharam comigo esses momentos de aprendizado.

A MINHA ORIENTADORA PROFa DRa ROSANGELA MARIA VANALLE, um agradecimento carinhoso por todos os momentos de paciência, compreensão e aprendizado.

AO MEU MENTOR, DR FLÁVIO GUERHARDT um agradecimento especial por toda a dedicação e disposição.

“Feliz é o homem que persevera na provação, porque depois de aprovado receberá a coroa da vida, que Deus prometeu aos que o amam.” Tiago 1:12

RESUMO

As Cadeias de Suprimentos modernas evoluíram para redes de valor altamente complexas e transformaram-se em uma fonte vital de vantagem competitiva. No entanto, tornou-se cada vez mais desafiador gerenciá-la e manter a visibilidade. A aplicação da *Internet das Coisas (IoT)* pode ajudar as empresas a observar, rastrear e monitorar produtos, atividades e processos em sua respectiva Cadeia incluindo o monitoramento para otimizar as operações de armazenamento, fabricação e transporte. A tecnologia *IoT* pode permitir diferentes cenários em empresas aprimorando a transparência da Cadeia de Suprimentos e aumentando a confiança nos processos de modo a impactar seu desempenho econômico. Este trabalho pretende a partir dos resultados do estudo de caso, fazer uma relação com a literatura acadêmica e sintetizar as descobertas, comparar os indicadores e discutir os resultados por meio de avaliação qualitativa dos impactos da *IoT* no desempenho econômico da Cadeia de Suprimentos de uma indústria de Autopeças, e assim, estabelecer as bases para futuros projetos de pesquisa.

Palavras-chave: *Internet das Coisas (IoT)*, Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (GCS), Desempenho econômico, Autopeças.

ABSTRACT

Modern supply chains have evolved into highly complex value networks and have become a vital source of competitive advantage. However, it has become increasingly challenging to manage and maintain visibility. An Internet of Things (IoT) application can help companies observe, track and monitor products, activities and processes in their string using monitoring to optimize storage, manufacturing and transportation operations. IoT technology can allow different scenarios in companies, improving the transparency of the Supply Chain and reducing confidence in the processes in order to impact their economic performance. This work intends to start from the results of the case study, make a correlation with the academic literature and synthesize as findings, compare the indicators and discuss the results through the qualitative assessment of the impacts of the IoT on the economic performance of a company's Supply Chain Auto parts industry, and thus, established as bases for future research projects.

Key-words: Internet of Things (IoT), Supply Chain Management (SCM), Economic performance, Autoparts.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Detalhe da Estrutura da Dissertação.....	24
Figura 2 – Base da Indústria 4.0	28
Figura 3 – Ilustração da Cadeia de Suprimentos de uma empresa.....	35
Figura 4 – Fatores que influenciam a Cadeia de Suprimentos.....	39
Figura 5 – Rede da Cadeia de Suprimentos com a Indústria 4.0.....	40
Figura 6 – Estrutura de medição de desempenho.....	45
Figura 7 – Medição de desempenho como parte do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos	47
Figura 8 – Os cinco atributos de desempenho	48
Figura 9 – Processo de Injeção Plástica	65
Figura 10 – GCS sem RFID	66
Figura 11 – Peças não faturadas (Aprox. K R\$): Jan – Jun (2019).....	68
Figura 12 – Eficiência na entrega <i>Milk Run</i> : Jan – Jun (2019).....	69
Figura 13 – Atraso de Faturamento (Aprox. K R\$): Jan – Jun (2019).....	70
Figura 14 – Etapas para Utilização do Sistema.....	72
Figura 15 – Processo de Varredura <i>RFID</i>	75
Figura 16 – Processo de Injeção Plástica com <i>RFID</i>	79
Figura 17 – Processo do GCS com <i>RFID</i>	79
Figura 18 – Comparativo Indicadores: Peças não faturadas (Aprox. K Pçs) - 2019..	81
Figura 19 – Comparativo Indicadores: Eficiência <i>Milk Run</i> - 2019	82
Figura 20 – Comparativo Indicadores: Atraso no faturamento (Aprox. K R\$) - 2019	82
Figura 21 – Informações nas etiquetas RFID.....	83
Figura 22 – Exemplo de controle efetuado diariamente com resultado semanal em janeiro (Peças retiradas pelo <i>Milk Run</i>).....	84
Figura 23 – Exemplo de controle efetuado diariamente com resultado semanal em junho (Peças retiradas pelo <i>Milk Run</i>).....	84
Figura 24 – Relação de peças solicitadas x Peças entregues ao cliente no 1º trimestre de 2020	85
Figura 25 – Relação de peças solicitadas x Peças entregues ao cliente no 2º trimestre de 2020	85
Figura 26 – Eficiência do atendimento do <i>Milk Run</i> com peças controladas de forma individual	86

Figura 27 – Comparativo Indicadores: Eficiência <i>Milk Run</i> – jan/19 a jun/20	87
Figura 28 – Comparativo Indicadores: Atraso no faturamento (Aprox. K R\$) e Peças não faturadas (Aprox. K Pçs) – jan/20 a jun/20	88
Figura 29 – Comparativo Indicadores: Peças não faturadas (Aprox. K Pçs) – jan/19 a jun/20	89
Figura 30 – Comparativo Indicadores: Atraso de faturamento (Aprox. K R\$) – jan/19 a jun/20	89
Figura 31 – Indicador de Melhoria do Processo: Processo de Injeção Plástica com <i>RFID</i>	90
Figura 32 – Indicador de Qualidade: Devolução de peças em garantia	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Itens onde houve melhora com implantação <i>IoT</i>	27
Tabela 2 - Indicadores.....	52
Tabela 3 – Pesquisa Bibliográfica	58
Tabela 4 – Desempenho KPI's: Janeiro à Junho - 2019	67
Tabela 5 – Desempenho KPI's: Julho à Dezembro – 2019.....	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Benefícios <i>IoT</i>	26
Quadro 2 - Características da Inteligência Artificial	32
Quadro 3 - Domínios e tecnologias <i>IoT</i>	33
Quadro 4 - Impactos da Cadeia de Suprimentos	38
Quadro 5 - Critérios de avaliação de desempenho	43
Quadro 6 - Níveis de medição de desempenho	44
Quadro 7 - Objetivos fundamentais dos sistemas de medição de desempenho	46
Quadro 8 - Indicadores de desempenho econômico na Cadeia de Suprimentos	50
Quadro 9 - Indicadores utilizados no primeiro cenário do estudo de caso	62
Quadro 10 - Indicadores utilizados no segundo cenário do estudo de caso	62
Quadro 11 - Indicadores utilizados no terceiro cenário do estudo de caso	63
Quadro 12 - Indicadores sugeridos a partir da literatura no 3º cenário	64
Quadro 13 - Cenários da empresa estudada	78
Quadro 14 – Indicadores de Desempenho e variáveis.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CS	Cadeia de Suprimentos
Gbps	Gigabits por segundo
GCS	Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IA	Inteligência Artificial
IoT	Internet das Coisas
IP	<i>Internet Protocol</i>
Mbps	Megabits por segundo
MIT	Instituto de Tecnologia de Massachusetts
PCP	Planejamento e Controle da Produção
PIB	Produto Interno Bruto
PTF	Produtividade Total de Fatores
P&G	<i>Procter & Gamble</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
QR	Quick Response
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>
WSN	<i>Wireless Sensor Networks</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	19
1.2 OBJETIVOS	19
1.2.1 Objetivo Geral	19
1.2.2 Objetivos Específicos.....	20
1.3 JUSTIFICATIVA PARA O ESTUDO DO TEMA	20
1.4 METODOLOGIA.....	22
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1 INTERNET DAS COISAS – <i>IoT</i>	25
2.2 GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS (GCS) e <i>IoT</i>	34
2.3 IMPACTO ECONÔMICO	41
2.4 <i>IoT</i> E CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	53
3 MÉTODO DE PESQUISA	56
3.1 CRITÉRIOS PARA A REVISÃO DE LITERATURA.....	56
4 ESTUDO DE CASO	61
4.1 PROJETO DE MELHORIA DOS INDICADORES COM A IMPLEMENTAÇÃO DA <i>IOT/RFID</i>	70
4.2 IMPLEMENTAÇÃO DA <i>IOT/RFID</i> REALIZADA PELA EMPRESA EM JULHO DE 2019	71
4.2.1 Estudo e análise da viabilidade	73
4.2.2 Hospedagem do sistema	73
4.2.3 Cadastramento dos usuários e locais.....	73
4.2.4 Cadastro das etiquetas.....	73
4.2.5 Colagem das etiquetas	74
4.2.6 Teste de verificação.....	74
4.2.7 Conferência	75
4.3 PROCESSO DE VARREDURA E TESTES REALIZADOS PELA EMPRESA	75
5 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS	76
5.1 CENÁRIOS 1 E 2	79
5.2 CENÁRIOS 2 E 3	83
6 CONCLUSÃO	94

7 REFERÊNCIAS.....	97
---------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

O termo “*Internet das Coisas*” foi cunhado por Kevin Ashton em 1999 para se referir exclusivamente a objetos conectados identificáveis, interoperáveis com a utilização de Identificação por Rádiofrequência (*RFID – Radio Frequency Identification*) na Cadeia de Suprimentos da *Procter & Gamble* (P&G) (ASHTON, 2009).

Em 1997, Ashton considerou a possibilidade de usar etiquetas de Identificação por Rádiofrequência (RFID) para rastrear produtos através da Cadeia de Suprimentos da P&G. As etiquetas RFID foram usadas para ler e identificar objetos e depois transmitir as informações sem fio através de uma rede. Antes disso, a adoção pela indústria de etiquetas RFID começou em 1980 (XU *et al.* 2014)

A *IoT* ofereceu uma solução promissora para todos os sistemas relacionados ao Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, como sistemas de manufatura, sistemas de transporte, sistemas de gerenciamento de desempenho e outros (XU *et al.* 2014).

A *IoT* pode ser considerada uma maneira segura e confiável de trocar informações relacionadas a bens e serviços em uma Cadeia de Suprimentos global. É uma revolução, uma evolução valiosa (e bem-vinda) que contribuirá para a próxima onda de ganhos de produtividade impulsionada pela transformação da tecnologia da informação (MISHRA *et al.*, 2016).

Manyika *et al.* (2015) estimam um impacto econômico potencial da *IoT*, impulsionado por: preços mais baixos do *hardware*; computação avançada; armazenamento na nuvem; maior velocidade; e custos mais baixos de conectividade; levando a um número crescente de máquinas e dispositivos conectados à *Internet*.

A *IoT* surgiu como uma tecnologia inovadora com recursos para melhorar o fluxo de informações da Cadeia de Suprimentos. No entanto, o efeito da *IoT* na integração da Cadeia de Suprimentos e desempenho, por sua vez, ainda não são explorados empiricamente (DE VASS *et al.*, 2018).

Argumenta-se que a *IoT* impactará tanto os consumidores quanto as indústrias. O último será observado na produtividade medida, mas o primeiro pode não acontecer se economia de tempo, bens livres ou melhorias na qualidade não forem (totalmente) refletidos nos preços medidos. Estimativas sugerem que a *IoT* contribuirá com aproximadamente 4,11% do PIB mundial total em 2025 (MANYIKA *et al.*, 2015).

O principal e mais importante benefício da abordagem econômica é a geração de lucro. Nos sistemas com *IoT* esta abordagem pode ser maximizada, considerando a receita e os custos incorridos (LUONG *et al.*, 2016).

Kumar *et al.* (2015) identificaram 13 fatores críticos de sucesso, para uma implementação bem-sucedida do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (GCS), que incluem: comprometimento da alta gerência; desenvolvimento de estratégia eficaz; recursos dedicados para a Cadeia de Suprimentos; sincronização logística; uso de tecnologias modernas; compartilhamento de informações com membros da cadeia; previsão de demanda no ponto de venda; desenvolvimento de confiança; desenvolvimento de recursos *just-in-time*; desenvolvimento de fornecedores confiáveis; maior flexibilidade no sistema de produção; foco nos pontos fortes do núcleo de distribuição e visão de longo prazo para sobrevivência e crescimento.

No contexto de “fontes de crescimento”, ou seja, contabilidade de crescimento, os efeitos da produtividade ocorrerão por dois canais. Primeiro, através do aprofundamento do capital (um aumento da razão capital / trabalho), à medida que as empresas investem em equipamentos de conectividade para suas máquinas. Em segundo lugar, na forma de crescimento da produtividade total dos fatores (PTF), que pode ser devido a: maior eficiência e otimização no processo de produção; inovação complementar e acumulação de capital intangível complementar (em alguns casos, não medido na produção), incluindo capital organizacional e repercussões ou efeitos de rede da acumulação e implantação de capital de comunicações (EDQUIST *et al.*, 2019).

Segundo Stahel (2010), o desempenho econômico pode ser considerado uma nova métrica da relação de valor, consistindo em medir a riqueza de uma

Cadeia de Suprimentos em relação ao consumo de recursos. Para aumentar significativamente esta relação, é preciso possuir estratégias que permitam o alcance de sinergias a fim de explorar a lucratividade. Os indicadores de desempenho permitem ao gestor da cadeia analisar, medir e controlar os setores e processos da empresa de forma aparente.

Sinaga *et al.* (2018) verificaram que os indicadores econômicos influenciam o desempenho da Cadeia de Suprimentos. No entanto, há necessidade de estudos mais abrangentes uma vez que o estudo realizado por tais autores cobriu apenas a área limitada da Indonésia; portanto, os resultados podem ser diferentes em outros países e empresas. Além disso, pesquisas futuras são necessárias para analisar como o desempenho econômico impacta as Cadeias de Suprimentos.

Muitos dos estudos não são abrangentes o suficiente e não podem avaliar ou melhorar o desempenho com base nos indicadores de desempenho. Os modelos quantitativos propostos concentram-se principalmente em fatores individuais, como medidas fiscais para avaliar o desempenho da CS (REZAEI *et al.*, 2017).

A importância de fornecer rastreabilidade contínua na Cadeia de Suprimentos tornou difícil identificar, rastrear e controlar os fluxos na cadeia em tempo real, sabendo que a Cadeia de Suprimentos é um ambiente complexo em que decisões reativas devem ser tomadas após a ocorrência de eventos incertos. Portanto, a *IoT* oferece uma nova abordagem para coletar, transferir, armazenar e compartilhar informações, a fim de otimizar os custos gerais e aumentar a receita através da melhoria dos serviços (TERRADA *et al.*, 2018)

Para verificar a relação de *IoT* com o desempenho econômico e responder a lacuna de pesquisa sobre o impacto na empresa, pretende-se estabelecer um modelo teórico para verificar sua adequação a situações no estudo de caso em uma empresa do setor de Autopeças.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A pesquisa bibliográfica realizada como parte deste trabalho mostrou que o Gerenciamento de determinada Cadeia de Suprimentos é parte essencial no correto e eficiente desempenho econômico (SIEMIENIUCH *et al.*, 2015).

Segundo Majeed e Rupasinghe (2017) práticas inapropriadas no Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos podem afetar diretamente a performance financeira das empresas, sendo a adoção de tecnologias em seus processos de suma importância para que tais cadeias sejam bem gerenciadas a fim de obter e manter vantagens competitivas.

Segundo Li *et al.* (2017) as organizações podem ter a possibilidade de alcançar vantagem competitiva, utilizando as ferramentas baseadas em *IoT*. Tal motivo se dá, uma vez que esta tecnologia deixou de ser uma expectativa tecnológica no atual momento em que a inovação se encontra presente e essencial dentro das corporações.

A partir da lacuna identificada na literatura, neste trabalho propõe-se a seguinte questão de pesquisa:

A utilização de *IoT* na Cadeia de Suprimentos pode impactar o desempenho econômico das empresas?

1.2 OBJETIVOS

Assim, para responder à questão proposta, os seguintes objetivos serão considerados.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar se a *Internet* das Coisas utilizada na Cadeia de Suprimentos pode impactar no desempenho econômico de uma empresa do setor de Autopeças.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são os seguintes:

- Identificar as dimensões teóricas relevantes consideradas no desempenho econômico em empresas por meio de uma revisão bibliográfica;
- Realizar estudo de caso em uma empresa que utilize *IoT* e pertença a uma Cadeia de Suprimentos da Indústria de Autopeças;
- Para verificar se *IoT* impacta no desempenho econômico de uma empresa pertencente a uma Cadeia, serão analisadas as ferramentas utilizadas para monitoramento e aquisição de dados e como o desempenho econômico é medido.

1.3 JUSTIFICATIVA PARA O ESTUDO DO TEMA

A indústria 4.0 está sendo cada vez mais explorada por acadêmicos, pesquisadores, profissionais e outras partes interessadas relevantes. A ideia da Indústria 4.0 é sustentada pelo avanço das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) e armazenamento de dados. Nesse sentido, é possível integrar os fluxos de trabalho de tecnologias avançadas em metodologias de melhoria contínua, incorporando fatores como a *Internet* das Coisas (*IoT*), realidade aumentada, manufatura aditiva, *big data*, computação em nuvem, simulação, automação industrial e segurança cibernética (BARRETO *et al.*, 2017)

Existem grandes expectativas, tanto nas comunidades de pesquisa quanto nas de negócios, de que tais tecnologias permeiem a mais ampla gama de Cadeias de Suprimentos e o setor de serviços (WOOD *et al.*, 2014).

Vários estudos já foram publicados sobre o tema, propondo vários cenários

e benefícios da implementação da Indústria 4.0. Por exemplo, Ivanov *et al.* (2016), Kang *et al.* (2016), Lom *et al.* (2016), Thoben *et al.* (2017), Wan *et al.* (2016), Wollschlaeger *et al.* (2017) e Zhou *et al.* (2015), sugeriram que essas tecnologias permitem eficiência operacional, melhor controle dos dados de operações e redução de desperdícios nos processos.

Liu e Xu (2016), Baccarelli *et al.* (2017), e Schumacher *et al.* (2016), afirmam que as tecnologias da Indústria 4.0 aumentam a produtividade porque suportam maior capacidade de otimização e simulação. Porém, tal automação leva à necessidade do uso de determinada tecnologia que seja capaz de receber e enviar dados de diversos dispositivos autônomos simultaneamente. Esta é a abordagem de *Internet das Coisas (IoT)* que serve como base para a maioria das tecnologias da Indústria 4.0 (FOIDL; FELDERER, 2016); (HORTELANO *et al.*, 2017); (NIESEN *et al.*, 2016).

Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos é o gerenciamento ativo das atividades e relacionamentos da Cadeia de Suprimentos, a fim de maximizar o valor do cliente e alcançar uma vantagem competitiva sustentável (BOZARTH; HANDFIELD, 2018).

A Indústria 4.0 evoluiu com seus conceitos, usos, tecnologias, importantes mudanças sociais no ambiente de trabalho estão acontecendo. A *Internet das Coisas*, ferramenta essencial na Indústria 4.0 pode se tornar um agente promotor da melhora de desempenho na sociedade e, portanto na economia (IVANOV, 2018); (SHROUF *et al.*, 2014); (STOCK; SELIGER, 2016).

Segundo Edquist *et al.* (2019), amplo é o campo de pesquisa para o potencial impacto econômico da *Internet das Coisas* no desenvolvimento tecnológico recente.

Segundo o Índice de Conectividade Global da Huawei (2019) se a *IoT* impactar em 1% no desempenho econômico das Cadeias de Suprimentos, a economia será de US\$450 mi à US\$1.2 bi.

O sucesso econômico e os ganhos de produtividade possibilitados pela transformação digital dependem do investimento em infraestrutura de Tecnologia

da Informação e Comunicação (TIC) para criar uma forte economia digital que reflete as realidades econômicas e tecnológicas atuais, pois requer uma compreensão de como influencia a produtividade, possibilitando conhecimento de onde estão os pontos de inflexão do crescimento e uma visão do desenvolvimento no contexto de um ecossistema global em evolução, baseado em colaboração. A capacidade da conectividade de acelerar o desenvolvimento de tecnologia para oferecer suporte a modelos e soluções de negócios inovadores pode oferecer novas opções promissoras para ajudar a manter o crescimento do PIB (HUAWEI GCI, 2019).

1.4 METODOLOGIA

Para a realização do estudo aqui proposto a questão de pesquisa fundamental foi: A utilização de *IoT* em uma empresa pode impactar seu desempenho econômico?

Com a finalidade de relatar o método utilizado para a realização da pesquisa desenvolvida, foi produzido um levantamento bibliográfico na base Capes que por vez, contempla as bases Taylor & Francis, Scopus, ReserchGate, Esmerald, ProQuest e Science Direct.

Para responder a essa questão foi realizada uma pesquisa bibliográfica visando atualizar os conhecimentos sobre *IoT* e desempenho econômico em empresas pertencentes a uma Cadeia de Suprimentos. Para esta atividade foram adotados os métodos de fichamento e registro bibliográfico e estudo de bibliografia de apoio com base em Gil (1995).

Este trabalho considera realizar um estudo exploratório para que o pesquisador possa tomar ciência do que acontece em empresas de autopeças brasileiras.

A escolha da empresa participante do estudo de caso, contou com critérios de seleção estabelecidos, sendo o principal apresentar implementação de *IoT*.

Como resultado espera-se preencher a lacuna existente na literatura, identificando quais são os impactos financeiros que uma empresa pode sofrer quando possui a tecnologia *IoT* no seu Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.

Este trabalho é inovador para a teoria por analisar se a implantação de determinada tecnologia pode afetar o desempenho econômico de uma empresa em uma Cadeia de Suprimentos.

A realização desse trabalho contribuirá para academia, pois poderá auxiliar em trabalhos futuros que visem explorar mais o assunto, para diversos tipos de indústrias e empresas através do conhecimento disseminado e alcance devido à adoção da *IoT* como meio de aquisição de informações fornecidas por diversos equipamentos ou objetos e disponibilizar para a sociedade de forma a atender as necessidades relacionadas a construção de conhecimento voltado ao avanço tecnológico e desempenho econômico.

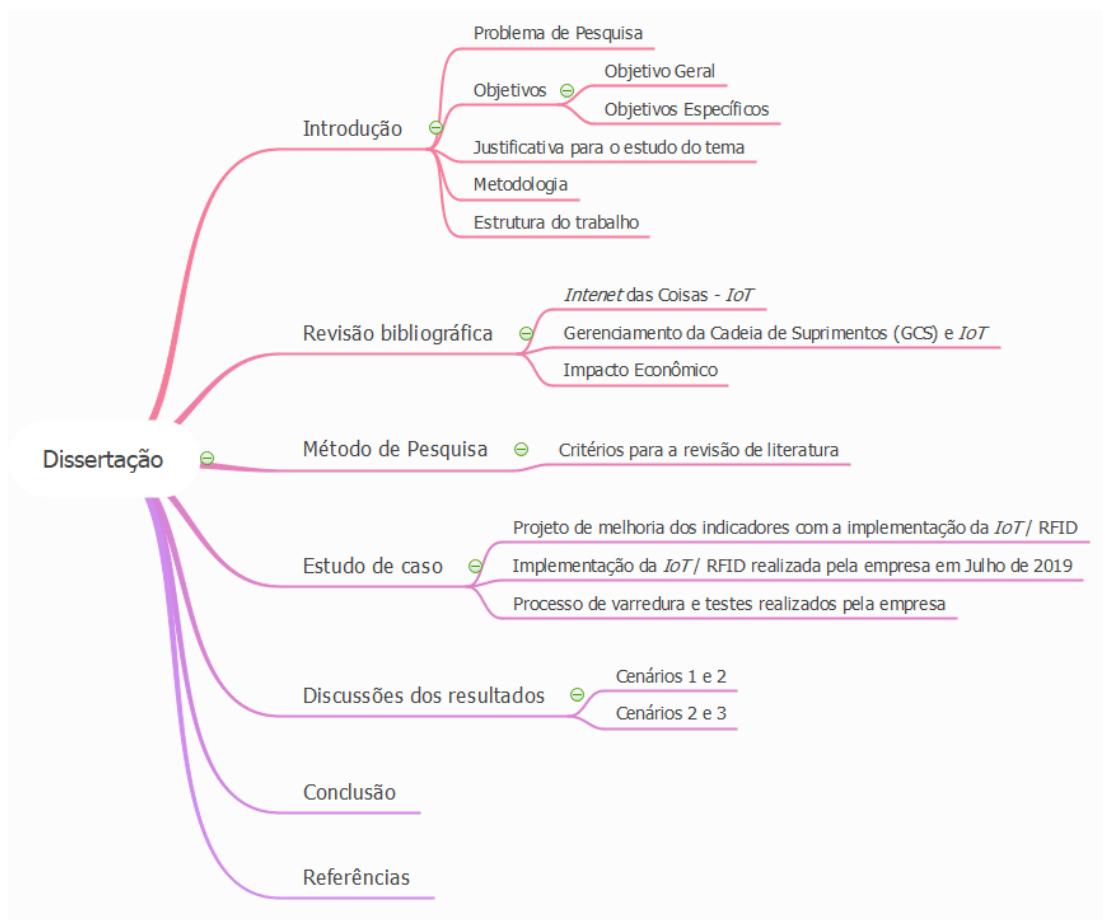
Este estudo contribui para a inovação tecnológica das empresas ao apresentar um estudo sobre a implantação e os impactos da *IoT* nos controles de produção, bem como no controle de estoque, peças acabadas e peças entregues influenciando assim no desempenho econômico de uma Cadeia de Suprimentos.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Com a finalidade de relatar a pesquisa desenvolvida, esta dissertação possui 5 capítulos. O primeiro contém a introdução com o problema de pesquisa, objetivos, justificativa para o estudo do tema, metodologia e estrutura do trabalho. No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica acerca dos temas: *Internet das Coisas (IoT)*, Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (GCS) e Impacto Econômico.

A Figura 1 ilustra o detalhamento da estrutura da dissertação em seus capítulos e subcapítulos.

Figura 1 – Detalhe da Estrutura da Dissertação



Fonte: Elaborada pelo Autor.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, é realizada uma revisão bibliográfica para identificar os trabalhos que se enquadrem no Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (GCS), tendo por base de ferramenta a *Internet* das Coisas (*IoT*) e monitoramento do indicador desempenho econômico em seus subcapítulos que sustentam o presente estudo.

2.1 INTERNET DAS COISAS – *IoT*

O precursor da *IoT* é o conceito de dispositivos conectados que começaram no início dos anos 90 no Auto-ID Center do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). Kevin Ashton, diretor do Centro, cunhou o termo *IoT* em 1999 (GREENGARD, 2015)

Então um novo conceito de sensores e atuadores através de uma rede de sensores sem fio (WSN) parecia detectar, rastrear e monitorar objetos com aplicativos para o gerenciamento de tráfego (XU *et al.*, 2014).

Atualmente, essas redes são enriquecidas com dispositivos GPS, *smartphones*, redes sociais, computação em nuvem e análise de dados para suportar o conceito moderno de *IoT*.

Zhou, Liu e Zhou (2015) definem o conceito de Indústria 4.0 como a integração de tecnologias de informação e comunicação com tecnologia industrial. Na Europa, e particularmente na Alemanha, a *IoT* é uma das tecnologias fundadoras da Indústria 4.0 no setor de fabricação. A Indústria 4.0 refere-se à quarta revolução industrial, na qual as três primeiras revoluções industriais estão relacionadas a potência mecânica (Indústria 1.0), produção em massa (Indústria 2.0) e revolução digital (Indústria 3.0).

De acordo com Atzori, Iera e Morabito (2010), a principal razão para isso é que a *IoT* é composta de duas palavras: “*Internet*” e “*Things*” e, portanto, temos duas visões principais. A primeira visão é principalmente voltada para o componente “*Internet*” ou de rede e a segunda é voltada para o componente “coisas”. As primeiras definições de *IoT* são mais orientadas para as “coisas”

(ATZORI *et al.*, 2010) e dizem respeito principalmente às tags RFID conectadas a uma rede para transmitir informações de identificação (XU *et al.*, 2014). Mais tarde, mais "coisas" apareceram como sensores e atuadores para incluir os dispositivos móveis de hoje, em geral.

O quadro 1 representa como a IoT é um paradigma que combina tecnologias de diferentes meios e formas, relacionando seus principais benefícios, ou seja, melhorando a capacidade de detecção, pois as "coisas" podem também executar diversas tarefas de detecção, suportando diferentes redes, desta forma sendo também heterogênea. A IoT possui alta confiabilidade, auto capacidades (autonomia de configuração) e ambiente seguro.

Quadro 1 - Benefícios IoT

Benefícios	Descrição
Capacidade de detecção	Coisas no contexto da IoT são capazes de executar tarefas de detecção.
Heterogeneidade	A IoT pode suportar diferentes redes subjacentes, por exemplo, com fio, sem fio e celular, e uma variedade de diversos dispositivos de comunicação
Alta confiabilidade	A IoT garante conectividade e transmissões confiáveis com base em diferentes soluções
Auto capacidades	Alta autonomia de configuração; auto-organização e auto adaptação a cenários dinâmicos e auto processamento de grandes quantidades de dados trocados.
Ambiente seguro	A IoT garante a robustez para proteger problemas como ataques de rede (por exemplo, <i>hackers</i>), autenticação, confidencialidade de transferência de dados, integridade de dados / dispositivos, privacidade e ambiente seguro confiável.

Fonte: Adaptada de Borgia (2014).

Segundo Borgia (2014), a *IoT* é uma tecnologia que combina diferentes protocolos de comunicação, levando informações de meios e formas diversas, sendo capaz de executar atividades diversas de detecção e informação.

Na Tabela 1, Ben-Daya et al. (2017) relatam o impacto potencial da *IoT* nas decisões e modelos da Cadeia de Suprimentos. Os estudos estão concentrados na localização e capacidade das instalações da CS; na produção, frequência, estoque de segurança e eficácia no gerenciamento de pedidos, roteamento e programação do transporte. Tal análise mostra como a *IoT* altera o desempenho da CS, melhora no rastreamento, reduz os custos e otimiza dinamicamente.

Tabela 1 - Itens onde houve melhora com implantação *IoT*

Itens onde houve melhora com implantação <i>IoT</i>						
Área da CS	Função	Desempenho	Rastreamento	Custo	Preços	Otimização dinâmica
Instalações	Localização		X		x	
	Capacidade					
Gerenciamento de produção, estoque e pedidos	Produção					x
	Frequência			x	x	
	Estoque de segurança		X	x	x	
	Disponibilidade	X	X	x	x	
Transporte	Roteamento e programação	X	X	x		x

Fonte: Adaptada de Ben-Daya et al. (2017).

As tecnologias inovadoras na fabricação resultam em maior velocidade de lançamento no mercado, precisão no produto, produção personalizada conforme exigido pelo cliente e maior eficiência geral. Os avanços da tecnologia, juntamente com a inteligência conectada, são a base da Indústria 4.0, como ilustrado na figura 2. A Indústria 4.0 influenciada pela *IoT* fornece maior eficiência na produção com processos totalmente integrados, automatizados e otimizados (VERMESAN; FRIESS, 2013).

Como demonstrado na figura 2 a base da Indústria 4.0 tem por tecnologias: Simulação, manufatura aditiva, armazenamento e processamento em nuvem, Big Data, Indústria *IoT*, Segurança cibernética, automação, manutenção preditiva,

Rede de fornecimento inteligente, Veículos logísticos autônomos, integração de sistema, produção auto-organizada e assistiva por robôs.

Figura 2 – Base da Indústria 4.0



Fonte: Adaptada de Manavalan e Jayakrishna (2018).

O Big Data na Indústria 4.0 possui algoritmos baseados em dados históricos que podem detectar desde preocupações com a qualidade até a diminuição de falhas do produto. As medidas de segurança cibernética têm alta prioridade, pois reconhecem as novas vulnerabilidades e desafios que interligam digitalmente os processos e sistemas de gerenciamento industrial (FLATT *et al.*, 2016).

Máquinas coordenadas automaticamente ou produção auto-organizada otimizam sua própria utilização e a produção fabril em geral (ZHANG; OKOROAFU, 2015), podendo também monitorar a rede de suprimentos permitindo melhores análises dos estoques (RADZIWON *et al.*, 2014).

Sistemas de transporte totalmente automatizados podem formar a rede de fornecimento inteligente utilizando veículos autônomos usados de forma lógica na indústria 4.0 (KAI *et al.*, 2017). A rede de fornecimento inteligente facilita a orientação de manutenção, suporte remoto e serviço (PAELKE, 2014).

A automação enxuta oferece flexibilidade e elimina o esforço redundante de fabricação de toda uma gama de máquinas (KOLBERG; ZÜHLKE, 2015). Os produtos criados usando impressoras 3D reduzem o custo de desenvolvimento do produto (HUANG *et al.*, 2013).

A simulação ajuda a melhorar a linha de montagem usando aplicativos de otimização (ZHOU *et al.*, 2015). Os fabricantes oferecem serviços de manutenção, em vez de um produto, criando nuvens privadas para salvar detalhes e processamento de fabricação apropriados (YUE *et al.*, 2015).

Integração de departamentos multifuncionais, bem como coordenação contínua da Cadeia de Suprimentos entre os parceiros, pode automatizar o processo sempre que necessário (SATOGLU *et al.*, 2017). Robôs flexíveis e inteligentes realizam operações como montagem e empacotamento de forma independente (WANG *et al.*, 2016).

A indústria *IoT*, como visto na figura é composta de equipamentos que interagem e se comunicam com a Cadeia de Suprimentos de forma autônoma (SADEGHI *et al.*, 2015). O monitoramento remoto do equipamento permite reparos antes da quebra (WANG *et al.*, 2016).

A Internet das Coisas (*IoT*) permitiu aos usuários trazer objetos físicos para a esfera do mundo cibernético. Isso foi possível graças a diferentes tecnologias de marcação, como comunicação por campo de proximidade, RFID e código de barras 2D, que permitem a identificação e referência de objetos físicos na Internet (RAZZAK, 2012).

A *Internet* das Coisas contém em seu escopo, além de tecnologias sofisticadas de rede de computadores e comunicação externa, outras tecnologias de suporte, como coleta de Informações, Comunicação Remota, Remota de Informação, Análise de Inteligência de Informação, controle, etc (SHAO; LI, 2019).

Internet Protocol (IP) é o principal protocolo de rede usado na *Internet*, desenvolvido na década de 1970. IP é um protocolo de comunicação no conjunto de protocolos da Internet para retransmitir datagramas através dos limites da rede. As duas versões do *Internet Protocol* (IP) são: IPv4 e IPv6. Cada versão define um

endereço IP de maneira diferente. Existem cinco classes de intervalos de IP disponíveis no IPv4: Classe A, Classe B, Classe C, Classe D e Classe E, enquanto apenas A, B e C são comumente usados. O protocolo atual prevê 4,3 bilhões de endereços IPv4, enquanto o IPv6 aumentará significativamente a disponibilidade para 85.000 trilhões de endereços. O IPv6 é o protocolo da Internet do século XXI e suporta cerca de 2¹²⁸ endereços (SINGH, 2016).

O *Bluetooth* é uma tecnologia de rádio de curto alcance, sem fio e barato que elimina a necessidade de cabeamento próprio entre dispositivos como notebooks, computadores, câmeras e impressoras com alcance efetivo de 10 a 100 metros. Geralmente se comunica a menos de 1 Mbps. O *Bluetooth* usa a especificação do padrão IEEE 802.15.1. A princípio, em 1994, a empresa de comunicação móvel Ericson iniciou o projeto chamado “*Bluetooth*”. É usado para a criação de redes de área pessoal (PAN). Um conjunto de dispositivos *Bluetooth* que compartilham um canal comum de comunicação é chamado Piconet. O Piconet é capaz de compartilhar de 2 a 8 dispositivos por vez, e esses dados podem ser texto, imagem, vídeo e som. O *Bluetooth Special Interest Group* compreende mais de 1000 empresas com Intel, Cisco, HP, Aruba, Intel, Ericson, IBM, Motorola e Toshiba (SINGH, 2016).

O código de barras é uma maneira diferente de codificar números e letras usando a combinação de barras e espaços com largura variada. Wang (2018) reconhece que existem métodos alternativos de técnicas de entrada de dados. O Quick Response (QR – Resposta Rápida) codifica a marca registrada para um tipo de código de barras matricial desenvolvido pela primeira vez para a indústria automotiva no Japão.

Os códigos de barras são etiquetas ópticas compatíveis com máquinas anexadas a itens que registram informações relacionadas ao item. Recentemente, o sistema QR Code tornou-se popular fora da indústria automotiva devido à sua rápida legibilidade e maior capacidade de armazenamento em comparação com o padrão. Existem 3 tipos de códigos de barras: alfa numérico, numérico e bidimensional. Os códigos de barras são projetados para serem lidos por máquinas. Geralmente eles são lidos por scanners a ou usando-se uma câmera padrão (WANG, 2018).

Segundo Pahlavan et al. (2000), a *Wireless Fidelity (Wi-Fi)* é uma tecnologia de rede que permite que computadores e outros dispositivos se comuniquem através de um sinal sem fio. Vic Hayes foi nomeado pai da *Wireless Fidelity*. O precursor do *Wi-Fi* foi lançado em 1991 pela NCR Corporation em Nieuwege, na Holanda. Os primeiros produtos sem fio foram lançados no mercado sob o nome WaveLAN, com velocidades de 1 Mbps a 2 Mbps, evoluindo para utilizações recentes onde temos conectividade de rede local *Wi-Fi* de alta velocidade a milhões de escritórios, residências e locais públicos, como hotéis, cafés e aeroportos.

A integração do Wi-Fi em *notebooks*, computadores de mão e dispositivos eletrônicos de consumo acelerou a adoção do Wi-Fi até o ponto em que é quase um padrão nesses dispositivos. A tecnologia esta contida em qualquer tipo de produto WLAN compatível com o IEEE 802.11, juntamente com banda dupla, 802.11a, 802.11b, 802.11g e 802.11n. Atualmente, cidades inteiras estão se tornando corredores Wi-Fi através de pontos de acesso sem fio (PAHLAVAN *et al.*, 2000).

A Inteligência Artificial refere-se a ambientes eletrônicos sensíveis e responsivos à presença de pessoas. Em um mundo de inteligência ambiental, os dispositivos trabalham em conjunto para ajudar as pessoas a realizar suas atividades cotidianas de maneira fácil e natural, usando a Informação e a Inteligência oculta nos dispositivos conectados à rede.

Segundo Singh (2016), a Inteligência Artificial possui as seguintes características: Muitos dispositivos em rede são integrados ao ambiente; os dispositivos podem reconhecer você e o seu contexto situacional; podem ser adaptados às suas necessidades; podem mudar em resposta a você e antecipam os seus desejos sem mediação consciente como demonstrado no quadro 2.

Quadro 2 - Características da Inteligência Artificial

Característica	Descrição
Incorporado	Muitos dispositivos em rede são integrados ao ambiente
Conhecimentos de Contexto	Esses dispositivos podem reconhecer você e seu contexto situacional
Personalizado	Eles podem ser adaptados às suas necessidades
Adaptativo	Eles podem mudar em resposta a você
Antecipador	Eles podem antecipar seus desejos sem mediação consciente

Fonte: Adaptada de Singh (2016) .

Como tecnologia de acesso à informação via rádio a Quinta Geração (5G) será um componente essencial. O 5G suportará um grande número de dispositivos conectados e atenderá às necessidades de comunicação em tempo real e alta confiabilidade de aplicativos de missão crítica. O 5G fornecerá conectividade sem fio para uma ampla gama de novas aplicações e casos de uso, incluindo dispositivos de vestir, residências inteligentes, segurança / controle de tráfego, infraestrutura crítica, processos industriais e entrega de mídia em velocidade muito alta (AGIWAL *et al.*, 2016).

Como resultado, também acelerará o desenvolvimento da *IoT*. A tecnologia 5G se tornará um dos principais impulsionadores da *IoT* global. Esses novos recursos incluem taxas de dados muito altas (geralmente da ordem de Gbps), latência extremamente baixa, um enorme aumento na capacidade da estação base e uma melhoria significativa na qualidade de serviço (QoS) percebida pelos usuários (GAVRILOVSKA *et al.*, 2016).

Os sistemas de *IoT* são compostos por blocos funcionais para facilitar vários utilitários do sistema, como identificação, atuação, comunicação e gerenciamento de detecção (SEBASTIAN; RAY, 2015)

Portanto, as tecnologias que permitem a *IoT* podem ser resumidas em várias categorias, tais como: tecnologias de detecção, identificação e reconhecimento, *hardware*, plataformas de *software* e nuvem, tecnologias e redes de comunicação, *software* e algoritmos, tecnologias de posicionamento, soluções de processamento de dados, armazenamento de energia e energia, mecanismos de segurança, etc (ČOLAKOVIĆ; HADŽIALIĆB, 2018). O quadro 3 ilustra as tecnologias que permitem a *IoT* de acordo com blocos funcionais compostos pelos domínios principais.

Quadro 3 - Domínios e tecnologias *IoT*

DOMÍNIO	TECNOLOGIAS
Aplicação	Aplicação <i>IoT</i>
	Arquiteturas
	<i>Software</i> e APIs
<i>Middleware</i>	Plataformas em nuvem
	Mecanismo de processamento de dados
	Armazenamento de dados
Rede	Protocolos de comunicação
	Interface de rede
	Mecanismos de adoção
Objeto	Plataformas de <i>Hardware</i>
	Objetos ativos
	Parte elétrica e mecânica

Fonte: Adaptada de ČOLAKOVIĆ e HADŽIALIĆB (2018) .

Essa classificação é usada para fornecer uma visão geral dos problemas e desafios em aberto de forma clara e concisa. Todos esses domínios (camadas do sistema) incluem vários *hardwares*, *softwares* e tecnologias com funcionalidades e capacidades específicas. A incorporação desses domínios na arquitetura IP permite a implantação completa das tecnologias *IoT*. As plataformas de *IoT* permitem a fácil integração de várias tecnologias de *IoT* e podem ser definidas como uma camada

inteligente que conecta as coisas à rede com o objetivo de permitir o desenvolvimento de serviços. Eles fornecem uma estrutura para conectar itens às várias redes e aplicativos. Existem várias plataformas de *IoT*, como plataformas de *hardware* e nuvem, que podem ser usadas para aumentar a produtividade, usabilidade e flexibilidade dos aplicativos de *IoT*, além de diminuir o tempo e o custo do processo de desenvolvimento (ČOLAKOVIĆ; HADŽIALIĆB, 2018).

O domínio de aplicativo gerencia serviços de aplicativos que geralmente são fornecidos por meio da camada de *middleware* da *IoT*. Portanto, *software* e APIs podem ser mapeados para o domínio de aplicativo ou *middleware* (GAMA *et al.*, 2015).

2.2 GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS (GCS) e *IoT*

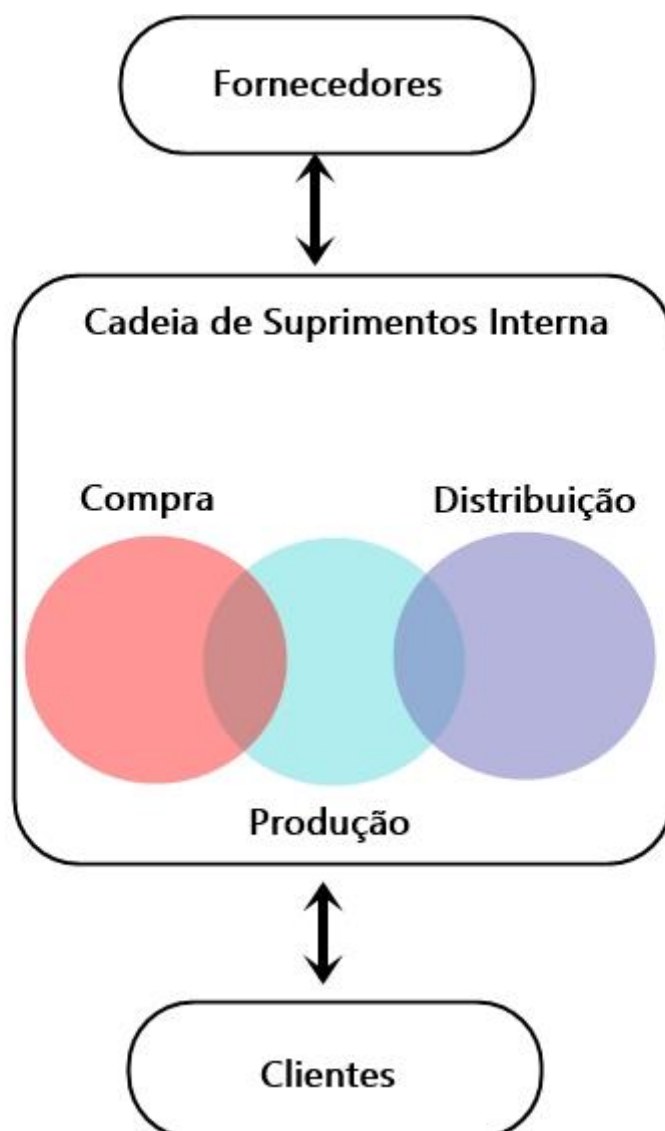
O conceito de “Cadeia de Suprimentos” está bem estabelecido na literatura e é geralmente referido como o alinhamento de empresas que trazem produtos ou serviços ao mercado (LAMBERT *et al.*, 1998).

A sigla “GCS” foi descrita pela primeira vez em 1980 a fim de especificar os vínculos entre organizações externas, vínculos entre logística e funções internas (HOULIHAN, 1985).

O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos inclui fabricantes, fornecedores, transportadores, armazéns, atacadistas, varejistas, outros intermediários e até os próprios clientes. Qualquer produto comercializado no mercado de bens de consumo, em sua evolução de matéria-prima para produtos acabados, passa por uma série de transações sucessivas no mercado comercial (CĂESCU; DUMITRU, 2011).

Chen e Paulraj (2004) afirmaram que uma Cadeia de Suprimentos típica é uma rede de materiais, informações e serviços que processam links com as características de suprimento, transformação e demanda, como na figura abaixo (Figura 3):

Figura 3 – Ilustração da Cadeia de Suprimentos de uma empresa



Fonte: Adaptada de Chen e Paulraj (2004).

O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (GCS) é o processo de planejamento, implementação e controle das operações da Cadeia de Suprimentos com o objetivo de satisfazer os requisitos do cliente da maneira mais eficiente possível. O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos abrange todo o movimento e armazenamento de matérias-primas, inventário de obras em andamento e produtos acabados, do ponto de origem ao ponto de consumo (OLIVER; WEBBER, 1982).

O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos abrange o gerenciamento de materiais / suprimentos, desde o fornecimento de matérias-primas básicas até o produto (e possível reciclagem e reutilização). O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos se concentra em como as empresas utilizam os processos, a tecnologia e a capacidade dos seus fornecedores para aumentar a vantagem competitiva (TAN *et al.*, 1998)

A gestão da Cadeia de Suprimentos (às vezes chamada cadeia de valor ou cadeia de demanda) consiste em empresas que colaboram para alavancar o posicionamento estratégico e melhorar a eficiência operacional. Para cada empresa envolvida, o relacionamento da Cadeia de Suprimentos reflete a escolha estratégica. Uma estratégia de CS é um arranjo de canais baseado em dependência reconhecida e gerenciamento de relacionamento. Suas operações exigem processos gerenciais que abrangem áreas funcionais de empresas individuais e vinculam parceiros comerciais e clientes através dos limites organizacionais (BOWERSOX *et al.*, 2002)

O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos é a coordenação estratégica e sistêmica da função e das táticas tradicionais de negócios entre essas funções de negócios em uma empresa específica e entre os negócios da Cadeia de Suprimentos, com o objetivo de melhorar o desempenho a longo prazo das empresas individuais e da cadeia, conforme um todo (SWEENEY, 2007)

O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos consiste em desenvolver uma estratégia para organizar, controlar e motivar os recursos envolvidos no fluxo de serviços e materiais dentro da cadeia (KRAJEWSKI *et al.*, 2007).

É um conjunto de abordagens utilizadas para integrar eficientemente fornecedores, fabricantes, armazéns e lojas, para que a mercadoria seja produzida e distribuída na quantidade certa, nos locais certos e no momento certo, a fim de minimizar todo o sistema custos, satisfazendo os requisitos de nível de serviço (SIMCHI-LEVI *et al.*, 2008).

O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos é a integração dos principais processos de negócios dos parceiros comerciais, desde a extração inicial da matéria-prima até o cliente final ou final, incluindo todas as atividades intermediárias

de processamento, transporte, armazenamento e a venda final ao cliente do produto final (WISNER *et al.*, 2015).

O GCS consiste no planejamento da organização, implementação, motivação e controle eficiente de todas as atividades envolvidas na movimentação de bens e serviços do primeiro fornecedor ao cliente final. Inclui transporte, processamento e armazenamento de matérias-primas, estoque do processo em andamento e produtos acabados, desde o estágio inicial de extração até o cliente final.

O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos inclui vários processos de valor agregado projetados para satisfazer as necessidades do cliente, estabelecer relacionamentos de longo prazo, construir confiança entre os parceiros da Cadeia de Suprimentos e obter uma vantagem competitiva sustentável. Abrange fornecedores, fabricantes, armazéns, lojas e outros intermediários envolvidos no movimento de produtos e serviços do ponto de origem ao ponto de consumo.

No ambiente dinâmico da Cadeia de Suprimentos de hoje, a organização enfrenta muitos desafios no espaço de fabricação, como competitividade global, falta de adaptabilidade e tempo de mercado (ZAMAN; AHSAN, 2014).

Segundo Zailani *et al.* (2012), a Cadeia de Suprimentos pode ser impactada quanto a 4 tipos de desempenhos: econômico, ambiental, social e operacional, descritos no quadro a seguir:

Quadro 4 - Impactos da Cadeia de Suprimentos

Desempenho	Abrangência
Econômico	<ul style="list-style-type: none"> - Vendas e participação de mercado; - Resíduos e seus custos de disposição; - Eficiência na gestão de recursos.
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Conformidade com padrões ambientais; - Consumo de materiais perigosos / nocivos / tóxicos; - Consumo de energia.
Social	<ul style="list-style-type: none"> - Imagem aos olhos de seus clientes; - Relações com as partes interessadas da comunidade, por exemplo ativistas comunitários e organizações não governamentais (ONGs); - Imagem do Produto.
Operacional	<ul style="list-style-type: none"> - Custo operacional de fabricação; - Tempo de resposta a flutuações inesperadas na demanda; - Reação a alterações nas ofertas de produtos dos concorrentes; - Taxa de rotatividade de estoque; - Cumprimento perfeito da ordem.

Fonte: Adaptada de Zailani *et al.* (2012).

O gerenciamento da Cadeia de Suprimentos demonstra melhores resultados em tempo de entrega, maior satisfação do cliente e melhor relacionamento com os fornecedores. Para melhor entendimento da Cadeia de Suprimentos e de suas operações, é inevitável reconhecer os fatores que influenciam (FAWCETT *et al.*, 2013).

Como ilustrado na figura 4, os fatores que influenciam o gerenciamento da Cadeia de Suprimentos são: Desempenho - a capacidade de resposta à mudança; Tecnologia: mudanças dinâmicas nos requisitos do cliente, especialmente eletrônicos de alta tecnologia e de consumo; Política ambiental: A influência das regulamentações governamentais no meio ambiente é um dos principais fatores estratégicos a serem considerados; Economia: Finanças é a parte essencial da qual decide a força do GCS; Colaboração na cadeia de suprimentos: as principais funções das práticas de negócios; Concorrência: a geração de receita é baseada na competição no mercado; Estratégia: o foco na sustentabilidade é a chave para avançar na estratégia; Engajamento do cliente: Cada parte interessada tem uma visão diferente, o engajamento do cliente é necessário para conhecer a expectativa real (MANAVALAN; JAYAKRISHNA, 2018).

Figura 4 – Fatores que influenciam a Cadeia de Suprimentos



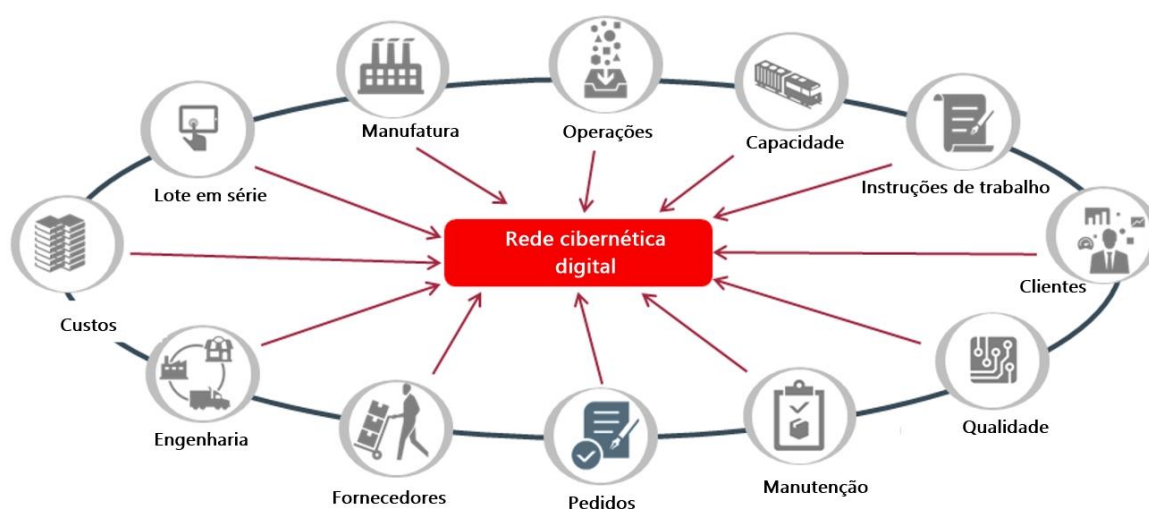
Fonte: Adaptada de Manavalan e Jayakrishna (2018).

As empresas globais estão continuamente buscando oportunidades de negócios inovadoras para atender os clientes e exploram novos modelos de negócios para criar uma organização lucrativa (YAN, 2017)

Muitas oportunidades são oferecidas pela *IoT*, que podem ser aproveitadas em vários negócios. Atualmente, uma ampla variedade de aplicativos pode usar a *IoT*, como fábricas inteligentes, carros inteligentes, etc. Além disso, é usada em diferentes setores: saúde, defesa, eletrodomésticos, operações ou logística (HOFMANN; RUSCH, 2017).

Atualmente, vários modelos de negócios de *IoT* existem com sucesso e crescem exponencialmente em termos de demanda *versus* oferta. Novos modelos de negócios estão surgindo com a influência da *IoT*, onde a *IoT* atua como uma plataforma e conecta usuários digitalmente com a ajuda de redes sem fio e *internet*, como ilustrado na figura 5 (ZHOU *et al.*, 2016).

Figura 5 – Rede da Cadeia de Suprimentos com a Indústria 4.0



Fonte: Adaptada de Manavalan e Jayakrishna (2018).

A *IoT* pode conectar informações dos pedidos; clientes; fornecedores; da qualidade dos produtos; manutenção antecipada; capacidade, logística e produção em tempo real (MANAVALAN; JAYAKRISHNA, 2018).

2.3 IMPACTO ECONÔMICO

O desempenho econômico é uma das principais preocupações dos gestores da Cadeia de Suprimentos. Para avaliar esse desempenho, existem cada vez mais ferramentas de gerenciamento, devido à importância estratégica dessa dimensão. No entanto, poucos deles analisam radicalmente as questões econômicas da Cadeia de Suprimentos (HADDACH *et al.*, 2016).

Para sobreviver em um ambiente tão complexo, as empresas precisam ser extremamente ágeis e desenvolver um alto nível de capacidade de resiliência e mitigação de riscos, além de flexibilidade estrutural que permita uma resposta rápida a esses desafios (CHRISTOPHER; HOLWEG, 2011).

A medição do desempenho econômico das Cadeias de Suprimentos, se concentra na melhoria do funcionamento do processo e no aumento da produtividade geral. O desempenho é inerentemente multi-critério e é medido na escala da Cadeia de Suprimentos de uma ou mais fases do ciclo de vida do produto. As abordagens de medição de desempenho econômico no perímetro de uma empresa se adaptaram ao contexto de avaliação de desempenho econômico na Cadeia de Suprimentos (HADDACH *et al.*, 2016).

Qualquer sistema de produção, limitado a uma empresa ou uma Cadeia de Suprimentos estendida, é visto como uma organização cuja função é fornecer bens ou serviços com qualidade, tempo e custo necessários. O resultado dessas ações tomadas para atingir esses objetivos são medidos por indicadores de desempenho que devem ser definidos com antecedência (CHRISTOPHER; HOLWEG, 2011).

A medição do desempenho econômico deve ser precisa pois afeta a implementação de ações corretivas, como a reconfiguração de alguns processos, balanceamento de carga ou aumento da capacidade de produção (HADDACH *et al.*, 2016).

Segundo Christopher e Holweg (2011), flexibilidade estrutural como a capacidade da Cadeia de Suprimentos de se adaptar às mudanças fundamentais no ambiente de negócios. No entanto, flexibilidade e resiliência têm um custo adicional na forma de recursos adicionais.

Para equilibrar o nível exigido de resiliência, flexibilidade e custo para alcançá-los, as empresas precisam ter alta visibilidade de toda a Cadeia de Suprimentos, a velocidade necessária para responder rapidamente às mudanças e a colaboração eficaz com fornecedores e clientes. Christopher (2011) resumiu os princípios que podem guiar os gerentes da Cadeia de Suprimentos para o que ele chama de '4Rs': *responsiveness, reliability, resilience and relationships*.

Tomadores de decisão responsáveis pela organização das atividades de cada empresa, com o objetivo de atingir os objetivos a eles atribuídos, buscam fornecer painel com base nos indicadores locais de avaliação de desempenho de cada participante, mas também da Cadeia de Suprimentos global. Assim, o painel é definido como um instrumento de medição no qual um conjunto de indicadores permite que os tomadores de decisão tomem conhecimento do estado e da evolução dos sistemas que são pilotados por eles (BOUQUIN, 2004).

A avaliação do desempenho econômico da Cadeia de Suprimentos deve basear-se na cadeia de valor modelada e, principalmente, permitir acompanhar as atividades que geram valor (HEERAMUM, 2003)

Os objetivos de qualquer organização são caracterizados por sua natureza e seu horizonte temporal. É o mesmo para os indicadores de desempenho. Assim, existe uma diferença entre indicadores estratégicos, táticos e operacionais. As fronteiras dos horizontes (estratégico, tático e operacional) não têm valor fixo; os terminais são baseados no estudo de caso. Os indicadores nem sempre são genéricos e podem ser específicos para cada sistema de produção, de acordo com os objetivos perseguidos (BONNEFOUS; COURTOIS, 2001).

Segundo Zhang e Okoroafo (2015), o desempenho da Cadeia de Suprimentos é definido como a capacidade da Cadeia de Suprimentos de entregar o produto certo no local correto no momento apropriado e ao menor custo de logística. Essa definição leva em consideração o tempo de entrega, o custo e o valor para o consumidor final. Os autores acreditam que essa definição inclui os aspectos mais importantes da Cadeia de Suprimentos.

Segundo Estampe (2014), existem três critérios básicos de avaliação de desempenho, sendo eles, eficácia (resultados vs objetivos), eficiência (esforços vs recursos) e efetividade (satisfação do cliente) conforme o quadro a seguir:

Quadro 5 - Critérios de avaliação de desempenho

Critérios de avaliação	Descrição
Eficácia	A relação entre os resultados alcançados e os objetivos perseguidos; está relacionado ao nível de satisfação do cliente em relação aos recursos comprometidos para esse fim
Eficiência	A relação entre esforços e recursos envolvidos na operação e o valor real da utilidade como resultado da ação; está ligado à consecução dos objetivos a um custo menor
Efetividade	Está relacionada à satisfação com os resultados

Fonte: Adaptada de Estampe (2014)

O desempenho da Cadeia de Suprimentos é a capacidade (de toda a Cadeia de Suprimentos) de atender às necessidades do cliente final, associada a garantir a disponibilidade do produto, entregá-lo no prazo certo e garantir níveis adequados de estoque. Também excede os limites funcionais das organizações, ou seja, produção, distribuição, marketing e vendas, pesquisa e desenvolvimento. O funcionamento das Cadeias de Suprimentos deve ser constantemente aprimorado. Portanto, medidas para apoiar a melhoria do desempenho da Cadeia de Suprimentos global devem ser usadas, não apenas aquelas relacionadas às empresas individuais e suas funções (HARRISON *et al.*, 2004).

A medição de desempenho é definida como o processo de quantificação da eficiência e eficácia das ações realizadas. Efetividade é entendida como o grau de cumprimento das expectativas dos clientes, enquanto eficiência é uma medida da extensão em que os ativos de negócios são usados para fornecer um determinado nível de satisfação do cliente (NEELY *et al.*, 1995).

Por sua vez, o sistema de medição de desempenho deve ser entendido como um conjunto de indicadores usados para quantificar a eficiência e a eficácia das operações (SHEPHERD; GÜNTER, 2006).

Segundo Shepherd (2006), conforme a quadro 6, o sistema de medição de desempenho pode ser analisado em três níveis diferentes que partem de indicadores individuais, conjunto de indicadores de desempenho e sistema de medição de desempenho vs ambiente operante.

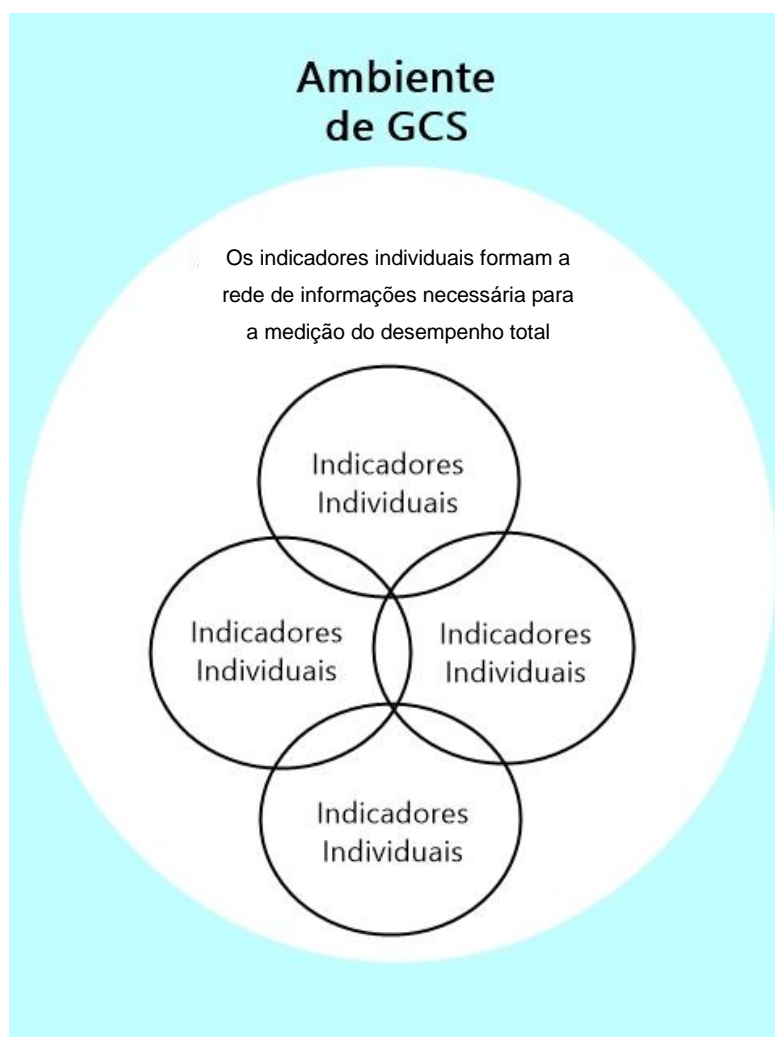
Quadro 6 - Níveis de medição de desempenho

Níveis	Descrição
Nível 1	Indicadores de desempenho individuais;
Nível 2	Um conjunto de indicadores de desempenho (como um todo);
Nível 3	A relação entre o sistema de medição de desempenho e o ambiente em que opera.

Fonte: Adaptada de Shepherd (2006)

Para Neely *et al.* (1995), a estrutura para a medição de desempenho dentro do ambiente de gerenciamento envolve diversos fatores e indicadores individuais. Juntos eles permitem uma análise detalhada acerca dos pontos a serem abordados para a melhora do desempenho. A figura 6 mostra a relação entre a medição de desempenho baseada na coleta de diversos indicadores individuais que se correlacionam.

Figura 6 – Estrutura de medição de desempenho



Fonte: Adaptada de Neely *et al.* (1995).

Segundo Akyuz e Erkan (2013) e Parker (2000), existem 8 objetivos fundamentais dos sistemas de medição de desempenho como ilustrado no quadro 7. Estes objetivos estão fundamentados na identificação e monitoramento de ações como: sucesso no gerenciamento, monitoramentos diversos, entendimento dos processos, identificação de gargalos, tomada de decisão, acompanhamento de melhorias e facilitação da comunicação.

Quadro 7 - Objetivos fundamentais dos sistemas de medição de desempenho

Objetivos fundamentais	Identificação de sucesso;
	Monitoramento do grau de satisfação das expectativas dos clientes;
	Melhor entendimento dos processos que ocorrem na empresa e seu ambiente;
	Identificação de gargalos, desperdícios, problemas e oportunidades de desenvolvimento;
	Tomar decisões baseadas em fatos, não em suposições ou emoções;
	Criar acréscimos para o desenvolvimento;
	Acompanhar o progresso da introdução de melhorias;
	Facilitação da comunicação e cooperação abertas.

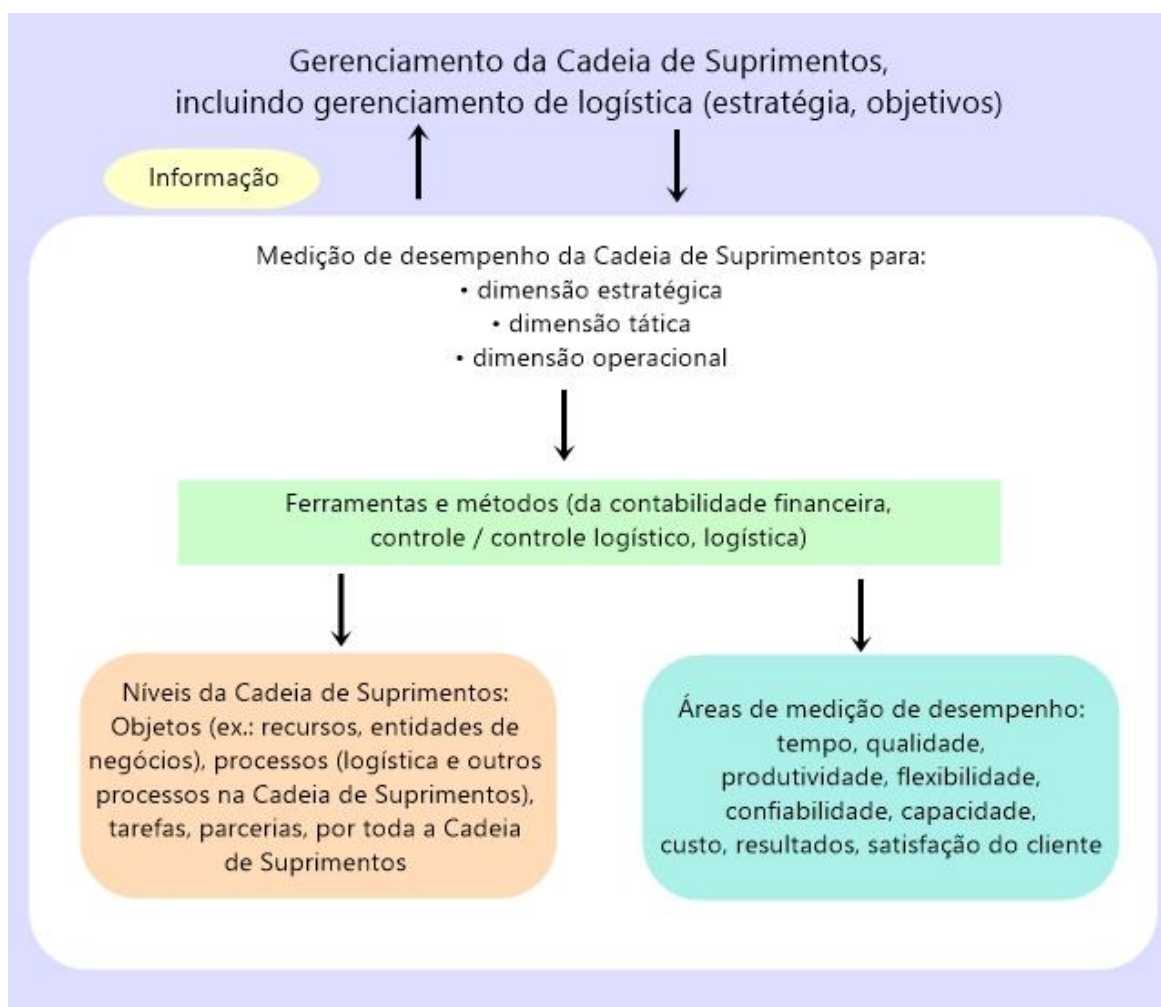
Fonte: Adaptada de Akyuz e Erkan (2013) e Parker (2000).

Um sistema de medição de desempenho adequado ajuda a identificar áreas problemáticas. A medição do desempenho é crucial no gerenciamento da organização em um ambiente turbulento e em mercados globais competitivos. Um conjunto apropriado de métricas permite que as empresas observem o progresso na implementação da estratégia, identifiquem áreas que precisam ser aprimoradas e se comparem aos concorrentes e líderes. Eles fornecem as informações necessárias para os gerentes, para que possam tomar as decisões corretas no momento certo. (SHAW *et al.*, 2010)

Segundo Heeramum (2003) podem ser considerados indicadores de desempenho econômico índices associados ao custo, lucro e maximização dos investimentos em estoque.

Para Dobroszek (2012), existem dois métodos para a medição de desempenho da Cadeia de Suprimentos, sendo um para contabilidade financeira e outro para controle logístico: O primeiro refere-se a níveis da CS (objetos, processos, tarefas e parcerias) e o segundo às áreas de medição de desempenho (tempo, qualidade, produtividade, flexibilidade, confiabilidade, capacidade, custo, resultados e satisfação do cliente).

Figura 7 – Medição de desempenho como parte do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos



Fonte: Adaptada de Dobroszek (2012).

Segundo De Toni e Tonchia (2001), existem dois tipos de sistemas de medição de desempenho: desempenhos de custo tradicionais (custos de produção e produtividade) e medidas mais inovadoras de custo (qualidade, tempo e flexibilidade).

Para Ganga e Carpinetti (2011), cinco atributos devem ser considerados para um bom desempenho na Cadeia de Suprimentos (figura 8): Confiabilidade, se o produto foi entregue corretamente; Responsividade: refere-se a velocidade da CS fornecer os produtos aos clientes; Flexibilidade: como a CS responde às mudanças

de mercado; Custos: envolve todos os custos de operação; Eficiência na gestão de ativos: desempenho dos recursos para atender a demanda.

Figura 8 – Os cinco atributos de desempenho

Confiabilidade

Se o produto correto é entregue no local correto, na quantidade correta, no momento correto, com a documentação correta e para o cliente certo

Responsividade

A velocidade com que uma Cadeia de Suprimentos fornece os produtos aos clientes

Flexibilidade

A agilidade de uma cadeia de suprimentos para responder às mudanças na demanda do mercado, a fim de obter ou manter sua vantagem competitiva

Custo

Envolve todos os custos relacionados à operação de uma Cadeia de Suprimentos

Eficiência na gestão de ativos

A eficiência de uma organização no gerenciamento de seus recursos para atender à demanda

Fonte: Adaptada de Ganga e Carpinetti (2011).

Os desempenhos tradicionais estão relacionados aos resultados da empresa, por exemplo, lucratividade ou lucro líquido. O segundo grupo é medido por unidades de medida não monetárias. Além dessas quatro categorias de

desempenho (custo, tempo, flexibilidade e qualidade), os autores também propõem inovação (SHEPHERD e GÜNTER, 2006).

Beamon (1999) afirma sistema de medição deve usar três tipos de medidas: flexibilidade, recurso e saída. As medidas de recursos podem ajudar a minimizar custos e maximizar a utilização de recursos. O objetivo deles é garantir um alto nível de eficiência de custos.

O principal e mais importante benefício da abordagem econômica é a geração de receita. O lucro dos sistemas com *IoT* é maximizado, considerando a receita e os custos incorridos (LUONG, HOANG, *et al.*, 2016).

Os principais indicadores de desempenho econômico considerados pelos autores pesquisados na Cadeia de Suprimentos estão ilustrados no quadro 8.

Quadro 8 - Indicadores de desempenho econômico na Cadeia de Suprimentos

Indicadores de Desempenho	Autores
Melhoria do funcionamento do processo e no aumento da produtividade geral.	Haddach <i>et al.</i> (2016)
Qualidade, tempo e custo necessários.	Christopher e Holweg (2011)
Alta visibilidade de toda a Cadeia de Suprimentos, a velocidade necessária para responder rapidamente às mudanças e a colaboração eficaz com fornecedores e clientes.	Christopher (2011)
Acompanhar as atividades que geram valor.	Heeramum (2003)
Entregar o produto certo no local correto no momento apropriado e ao menor custo de logística.	Zhang e Okoroafo (2015)
Eficácia, eficiência, efetividade.	Estampe (2014)
Atender às necessidades do cliente final, associada a garantir a disponibilidade do produto, entregá-lo no prazo certo e garantir níveis adequados de estoque.	Harrison <i>et al.</i> (2004)
Monitoramento do grau de satisfação das expectativas dos clientes; Melhor entendimento dos processos que ocorrem na empresa e seu ambiente; Identificação de gargalos, desperdícios, problemas e oportunidades de desenvolvimento; Facilitação da comunicação e cooperação abertas.	Akyuz e Erkan (2013) e Parker (2000)
Custo, vendas, lucro, maximização dos investimentos em estoque.	De Toni e Tonchia (2001)
Crescimento de participação de mercado; Valor presente líquido; Valor bruto adicionado; Custo de sustentabilidade; Custo total da Cadeia de Suprimentos; Receitas operacionais	Ahi <i>et al.</i> (2016)

Fonte: Elaborada pelo autor

A partir dos indicadores encontrados na revisão bibliográfica, foi criada uma tabela para análise dos principais indicadores considerados na literatura, dentre eles, destacam-se para todos os autores, melhoria do processo, qualidade, vendas, tempo, custo e visibilidade. Um sumário dos artigos analisados e dos respectivos indicadores mencionados em cada um dos artigos, está mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Indicadores

Autores	Indicadores de desempenho econômico					
	Melhoria do processo	Qualidade	Vendas	Tempo	Custo	Visibilidade
Neely <i>et al.</i> (1995)		X		X	X	
Parker (2000)	X	X	X			X
De Toni e Tonchia (2001)			X		X	
Heeramum (2003)	X					X
Harrison <i>et al.</i> (2004)	X			X		X
Christopher (2011)	X					X
Christopher e Holweg (2011)		X		X	X	
Carvalho e Azevedo (2012)	X				X	
Akyuz e Erkan (2013)	X	X	X			X
Estampe (2014)	X	X		X	X	X
Anand e Grover (2015)	X					X
Zhang e Okoroafo (2015)	X	X		X	X	
Ahi <i>et al.</i> (2016)	X		X	X		
Haddach <i>et al.</i> (2016)	X					X

Fonte: Elaborada pelo autor

Para medir desempenho econômico em uma Cadeia de Suprimentos existem essas possibilidades e para efeito desse estudo será avaliado 3 variáveis.

2.4 IoT E CADEIA DE SUPRIMENTOS

A importância do uso de abordagens eficientes e eficazes para o Gerenciamento de Desempenho da Cadeia de Suprimentos (GDSC) está aumentando devido à globalização econômica e à concorrência nos negócios. Para criar Cadeias de Suprimentos ágeis, responsivas, sustentáveis, robustas, eficazes e competitivas, é preciso empregar todos os modelos e tecnologias que garantam a rentabilidade e estabilidade (REZAEI *et al.*, 2017).

A avaliação e otimização do desempenho representam um papel vital no aumento da competitividade em uma Cadeia de Suprimentos. Devido aos recentes desenvolvimentos na tecnologia da informação e comunicação e seu amplo uso nos serviços e na indústria, a capacidade de identificar, registrar e atualizar dados foi aumentada e, portanto, a capacidade de controlar processos e tomar decisões adaptativas (TSENG *et al.*, 2015)

Desenvolvimentos recentes em comunicação, sensores sem fio e tecnologias de redes de informação como *Bluetooth*, Identificação por Radiofrequência (RFID) ou Auto-ID, *Wi-Fi* etc., construíram uma nova era da *Internet das Coisas (IoT)* (ZHANG *et al.*, 2014).

A identificação automatizada, como a principal técnica da *IoT*, foi extensivamente adaptada para capturar os dados em tempo real. No Gerenciamento das Cadeias de Suprimentos desenvolvidas, o rastreamento das informações em tempo real é uma das principais preocupações e tornou-se cada vez mais vital, pois possibilita acelerar a resposta dos supervisores às decisões e, conseqüentemente, aumentar a eficiência da Cadeia de Suprimentos (REZAEI *et al.*, 2017).

A avaliação e gerenciamento de desempenho são conceitos fundamentais em que normalmente refere-se à definição de indicadores, pois fornece medidas e ferramentas importantes para avaliar os resultados e fazer a melhoria geral na Cadeia de Suprimentos (BAI; SARKIS, 2014).

O Desempenho da Cadeia de Suprimentos é uma questão importante nos ambientes de negócios competitivos e desempenha um papel importante na

definição dos objetivos, avaliação dos resultados e na determinação das medidas futuras (ESTAMPE, 2014).

A visibilidade e a rastreabilidade do tempo real baseado na *IoT* podem aumentar significativamente o desempenho da Cadeia de Suprimentos (GUNASEKARAN *et al.*, 2016).

Zang e Fan (2007) projetaram um mecanismo de processamento de incidentes em sistemas de informações corporativas baseadas em *RFID* para instalação de informações de fabricação em tempo real, incluindo dados, arquitetura, estruturas, estratégias de otimização, bem como algoritmos, a fim de investigar os desafios do mercado de forma rápida.

Em outra pesquisa, Zhang, Qu, Ho e Huang (2011) projetaram uma estrutura de gerenciamento de fluxo de trabalho baseada para fabricação reconfigurável em tempo real ativada por *RFID*.

Projetar melhorias com base em indicadores de desempenho confiáveis é o aspecto mais importante que afeta o sucesso e a eficiência da Cadeia de Suprimentos (REZAEI *et al.*, 2017).

As definições e aplicações de *IoT* no contexto da Cadeia de Suprimentos implicam que seu desenvolvimento está mudando para a liderança digital de maneira a centralizar os processos. A integração infra-estrutural de tecnologias *IoT* deve co-evoluir com processos da Cadeia de Suprimentos e recursos gerenciais (ARYAL *et al.*, 2018).

No 1º cenário, a análise dos indicadores de desempenho da empresa no estudo de caso foi realizada utilizando os indicadores que a empresa já adotava, entre eles, peças não faturadas, eficiência na entrega *Milk Run* e atraso no faturamento.

No 2º cenário foi realizado o acompanhamento dos indicadores já utilizados pela empresa (peças não faturadas, eficiência na entrega *Milk Run* e atraso no faturamento) com o recurso da tecnologia *IoT* através da aplicação da Identificação por Radiofrequência.

A partir da revisão bibliográfica como parte deste trabalho, os indicadores de desempenho econômico sugeridos no 3º cenário do estudo de caso foram: Melhoria do processo, tempo e qualidade.

Além dos indicadores observados na empresa estudada, foram sugeridos conforme visto na literatura e no quadro 9 os indicadores de melhoria do processo, qualidade e tempo.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo serão apresentados os critérios utilizados para a revisão de literatura.

3.1 CRITÉRIOS PARA A REVISÃO DE LITERATURA

Para entender como a *Internet* das Coisas pode impactar os indicadores de desempenho econômico de uma empresa em determinada Cadeia de Suprimentos da Indústria de Autopeças, primeiramente uma revisão bibliográfica foi realizada nas bases de dados acadêmicos contemplados pelo cadastro de periódicos Capes, ou seja, Taylor & Francis, Scopus, ReserchGate, Esmerald, ProQuest e Science Direct.

As palavras-chave utilizadas foram as seguintes: “*IoT*”, “*SCM*”, “*Supply Chain Management*”; “*Internet of Things*”, “*SCM performance*”, “*Supply Chain Management Performance*”, “*Supply Chain*”; “*Economic*”, “*Economic Performance*” e as combinações conforme a tabela 3.

O resultado das buscas com base nas palavras-chaves descritas somou o total de 255 de artigos científicos e publicações de consultorias consideradas no cenário internacional. Conforme ilustra a tabela 3, 230 desses artigos foram descartados por não trazerem informações pertinentes ao campo de estudo ou por terem sido apresentados em duplicidade, restando assim, 25 artigos pertinentes ao assunto estudado. Estes são os artigos utilizados para a composição realizada na revisão bibliográfica deste estudo.

Para os artigos encontrados, foi realizado um fichamento proporcionando a análise das principais ideias abordadas em cada obra. Tal análise permitiu e facilitou o reconhecimento dos artigos mais relevantes ao estudo em questão e possibilitou também a identificação dos artigos duplicados ou não relacionados ao assunto estudado.

A Tabela 3 ilustra como fez-se a pesquisa com as palavras-chave utilizadas, a condição, o tipo de material, data da publicação, resultados encontrados, artigos utilizados e motivo da exclusão.

Tabela 3 – Pesquisa Bibliográfica

Pesquisa em 06/05/2020 – Artigos com a descrição no título no período dos últimos 5 anos				
Palavras-chave	Resultados	Motivo		Download
		Não relacionado	Repetido	
IoT / SCM	1	0	0	1
IoT / Supply Chain Management	15	9	2	4
Internet of Things / Supply Chain Management	28	11	10	7
Internet of Things / SCM	1	0	0	1
Internet of Things / SCM performance	1	1	0	0
Internet of Things / Supply Chain Management Performance	2	1	1	0
IoT/ Supply Chain Management Performance	1	0	1	0
IoT / SCM performance	0	0	0	0
IoT / Supply Chain	51	35	14	2
Internet of Things / Supply Chain	65	36	23	6
Internet of Things / Economic	15	8	5	2
IoT / Economic	14	12	1	1
SCM / Economic	1	1	0	0
Supply Chain Management / Economic	49	38	10	1
IoT / Economic Performance	0	0	0	0
Internet of Things / Economic Performance	0	0	0	0
SCM / Economic Performance	0	0	0	0
Supply Chain Management / Economic Performance	11	10	1	0
Total	255	162	68	25

Fonte: Elaborada pelo Autor.

A partir dos indicadores de desempenho selecionados foi realizado um estudo exploratório para que pudesse verificar na prática se a utilização de *IoT* impacta no desempenho econômico de uma empresa pertencente a uma Cadeia de Suprimentos.

Segundo Yin (2009) um estudo de caso é ideal para realizar pesquisas com objetivo exploratório que não possuem resultados disponíveis.

Foi feito por meio da utilização do método do estudo de caso porque a pesquisa exploratória a ser desenvolvida tratará de questões do tipo “como / porque” e também investigará um fenômeno contemporâneo no contexto do mundo real no qual as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não estão claras (YIN, 2009).

Para selecionar a empresa a ser considerada no estudo de caso, Patton (1990) recomenda a utilização de amostras com conteúdo (*purposeful sampling*), isto é, casos dos quais o pesquisador possa extrair quantidade significativa de informações relevantes sobre os temas centrais em estudo. Dentre as várias estratégias sugeridas por Patton (2009) para selecionar as amostras com conteúdo, este trabalho considera a amostragem de casos típicos na qual a empresa a ser selecionada para análise deverá apresentar implementação de *IoT*.

Em linha com essa abordagem foram estabelecidos os critérios para a seleção da empresa para o estudo de caso dessa fase exploratória: o caso será realizado em empresa fornecedora de primeira camada da indústria de Autopeças nacional, sendo esta importante parceiro de grande parte das montadoras de veículos destacando-se Volkswagen, Ford, Toyota, GM e Fiat e por apresentar a implementação *IoT*.

Como procedimento para a coleta de dados na empresa selecionada será utilizada a entrevista semiestruturada porque ela é considerada a melhor alternativa quando se realiza pesquisa qualitativa baseada em estudos de caso (BRYMAN, 1995) (COLLIS; HUSSEY, 2007).

Foram realizadas visitas à empresa, visando coletar informações e analisar o conteúdo fornecido referente ao processo estudado, ou seja, a empresa dará a

oportunidade ao pesquisador de conhecer seu processo detalhadamente antes e após a utilização de etiqueta de Identificação por Radiofrequência (RFID) e transmissor de dados autônomo utilizando-se *Internet* das Coisas, para assim extrair quantidade significativa de informações relevantes sobre os temas centrais em estudo.

Pode-se considerar assim, que se trata de um estudo de caso, em que se procura investigar fenômenos contemporâneos dentro de seu contexto na realidade, especialmente quando os limites entre eles não estão claramente definidos. Como preconizado por Yin (2009), tal metodologia é indicada para temas atuais e situações onde o pesquisador apenas observa os fatos e tenta entendê-los e sistematizá-los.

Os critérios de escolha da empresa utilizados para contribuir com o presente estudo foram: Pertencer a Indústria de Autopeças; ter adotado recentemente pelo menos 1 tecnologia que habilite o uso da *IoT* para o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos; estar localizada no Estado de São Paulo e possuir no mínimo o faturamento mensal de R\$ 2,5 mi.

4 ESTUDO DE CASO

Para a constatação do que foi encontrado no levantamento bibliográfico nas bases de pesquisa, um estudo de caso com análise detalhada do desempenho econômico de determinada Cadeia de Suprimentos foi realizado em uma empresa de Autopeças que passou a utilizar a tecnologia *Internet das Coisas* para acompanhamento e controles diversos, em específico focado em seu desempenho econômico.

O estudo de caso se deu da seguinte maneira: Reuniões quinzenais com gestor da Cadeia de Suprimentos e apresentação dos métodos e dados da empresa quanto às entregas efetuadas, recebimentos de matéria-prima, controle de estoque e verificação de área do inventário.

Os trabalhos desenvolvidos contaram com a parceria da empresa estudada, localizada na cidade de Sorocaba, com pátio fabril de aproximadamente 10.000m², faturamento mensal aproximado de R\$3 mi e 70 colaboradores e com o apoio também do Parque Tecnológico de Sorocaba, agente fomentador de inovação e tecnologia da região, instrumento público mantido pela Prefeitura de Sorocaba promotor de divulgação da Indústria 4.0, especialmente identificação por RFID e *Internet das Coisas*.

A empresa estudada atua em atividade industrial de natureza privada e é considerada uma importante fornecedora direta de 8 montadoras de veículos. O principal produto fornecido pela empresa são maçanetas automotivas produzidas a partir do processo de injeção plástica.

Dos indicadores encontrados na literatura, foram selecionados somente os quais possuem relevância com o cenário encontrado na empresa estudada, sendo o quadro analisado / sugerido uma junção de indicadores já utilizados pela empresa e indicadores sugeridos com base na revisão de literatura realizada.

Quadro 9 - Indicadores utilizados no primeiro cenário do estudo de caso

Indicador	Origem
Atraso no faturamento	Empresa estudada
Eficiência do <i>Milk Run</i>	
Peças não faturadas	

Fonte: Elaborada pelo Autor.

O quadro 9 ilustra o cenário 1 do estudo de caso com os indicadores utilizados em Atraso no faturamento, Eficiência do *Milk Run* e Peças não faturadas.

Quadro 10 - Indicadores utilizados no segundo cenário do estudo de caso

Indicador	Origem	Tecnologia <i>IoT</i>
Atraso no faturamento	Empresa estudada	Identificação por Radiofrequência
Eficiência do <i>Milk Run</i>		
Peças não faturadas		

Fonte: Elaborada pelo Autor.

O quadro 10 ilustra os indicadores utilizados no cenário 2 do estudo de caso com o auxílio da tecnologia *IoT* por meio da Identificação por Radiofrequência em Atraso no faturamento, Eficiência do *Milk Run* e Peças não faturadas.

Quadro 11 - Indicadores utilizados no terceiro cenário do estudo de caso

Indicador	Origem	Tecnologia <i>IoT</i>
Atraso no faturamento	Empresa estudada	Identificação por Radiofrequência
Eficiência do <i>Milk Run</i>		
Peças não faturadas		
Melhoria do Processo	Literatura	
Tempo		
Qualidade		

Fonte: Elaborada pelo Autor.

O Quadro 11 ilustra os indicadores utilizados no cenário 3 do estudo de caso com auxílio da tecnologia *IoT* por meio da Identificação por Radiofrequência. Atraso no faturamento, Eficiência do *Milk Run*, Peças não faturadas, Melhoria do processo, Tempo e Qualidade.

Os indicadores de desempenho econômico em vendas, custo e visibilidade observados na literatura, não foram utilizados neste estudo por não apresentarem relevância ao assunto de Identificação por Radiofrequência na Cadeia de Suprimentos de uma empresa no setor de Autopeças.

Quadro 12 - Indicadores sugeridos a partir da literatura no 3º cenário

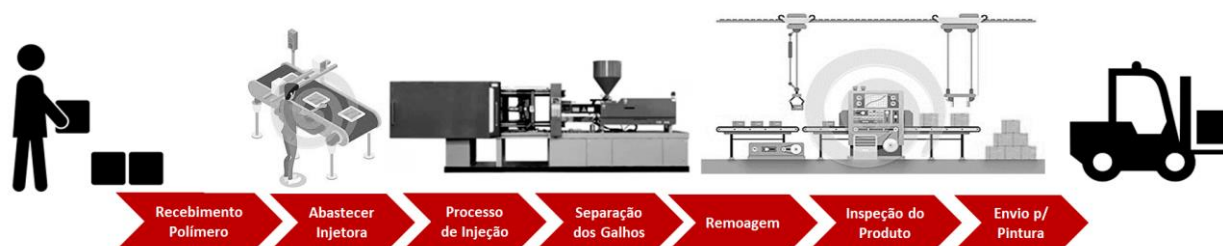
Indicador obtido através da Revisão Bibliográfica	Autores	Indicador sugerido
Melhoria do processo	Parker (2000); Heeramum (2003); Harrison <i>et al.</i> (2004); Christopher (2011); Carvalho e Azevedo (2012); Akyuz e Erkan (2013); Estampe (2014); Anand e Grover (2015); Zhang e Okoroafo (2015); Ahi <i>et al.</i> (2016) e Haddach <i>et al.</i> (2016)	Monitoramento do tempo de processo de fabricação/ pintura das peças
Tempo	Neely <i>et al.</i> (1995); Harrison <i>et al.</i> (2004); Christopher e Holweg (2011); Estampe (2014); Zhang e Okoroafo (2015) e Ahi <i>et al.</i> (2016)	Quantidade de dias da peça em estoque
Qualidade	Neely <i>et al.</i> (1995); Parker (2000); Christopher e Holweg (2011); Akyuz e Erkan (2013); Estampe (2014) e Zhang e Okoroafo (2015)	Qualidade do cliente: Quantidade de peças devolvidas pelo cliente

Fonte: Elaborada pelo Autor.

O Quadro 12 ilustra os três indicadores levantados na revisão bibliográfica: Melhoria do processo, por meio do monitoramento do tempo de processo de fabricação/ pintura das peças; Tempo, através da quantidade de dias da peça em estoque e Qualidade do cliente, por meio da quantidade de peças devolvidas pelo cliente.

O processo de injeção plástica da empresa estudada na condição pré implantação da Identificação dos produtos por etiquetas de Radiofrequência e transmissão das informações por *IoT*, pode ser observado na figura 9.

Figura 9 – Processo de Injeção Plástica



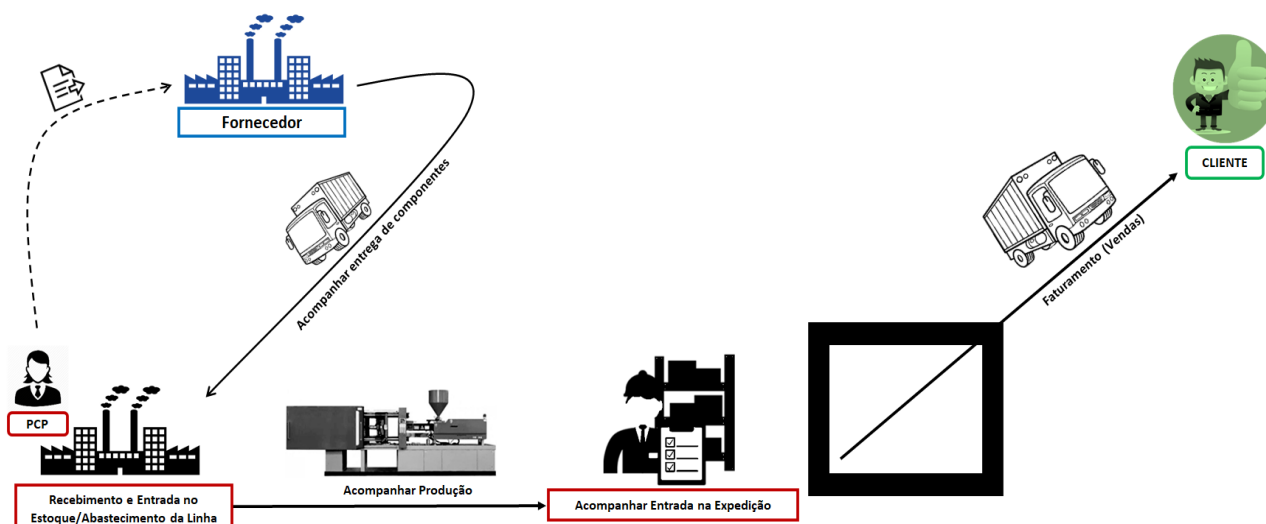
Fonte: Elaborada pelo Autor.

Segundo a empresa, o processo de injeção plástica inicia-se com o recebimento do polímero trazido do almoxarifado por um colaborador deste departamento. O operário da injetora abastece a máquina e programa o início do processo de injeção plástica, após este processo, as peças ficam organizadas para envio ao setor de pintura, cabendo ressaltar que os “galhos” oriundos dos veios de alimentação das cavidade de injeção são remoídos, tornando-se assim parte do próximo processo de injeção onde a nova peça conta com 90% de matéria-prima nova e 10% de matéria-prima oriunda do processo de remoagem dos galhos. As peças oriundas do processo de injeção são enviadas para o processo de pintura, sendo após este analisadas no tocante à qualidade geral do produto para assim quando aprovada serem enviadas ao cliente final.

A empresa possui faturamento bruto mensal de aproximadamente R\$ 3,8 milhões, sendo a demanda mensal aproximada de 200 mil peças distribuídas entre 8 montadoras. O *Marketing Share* atual é de 60% considerando o período de vendas de 2019 com o equivalente a 86 mil carros vendidos no mercado brasileiro por mês. Presentemente, a empresa trabalha com 5 injetoras e cada máquina produz cerca de 1,4 mil peças por dia.

No início do ano de 2019, ainda sem a implementação do controle e Identificação das peças produzidas com *RFID* e *IoT*, o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (GCS) da empresa seguia conforme a Figura 10.

Figura 10 – GCS sem RFID



Fonte: Elaborada pelo Autor.

O analista de Planejamento e Controle da Produção (PCP) identifica as demandas da linha de produção e envia semanalmente um pedido para o fornecedor via correio eletrônico (*e-mail*) ou plataforma *online*. O fornecedor aceita o pedido ou negocia os prazos e envia a matéria-prima para a empresa, conforme a necessidade. O departamento de recebimento anuncia a chegada da matéria-prima acionando o analista que verifica se os componentes vão direto para o abastecimento das linhas de produção ou para o almoxarifado. Quando os componentes vão para as linhas de produção, segue-se o processo da Figura 9. Quando as maçanetas ficam prontas, um colaborador da expedição é responsável por indicar as entradas e saídas dos materiais em estoque e atualizar as quantidades constantemente.

Os indicadores de desempenho da empresa são controlados através de um quadro de balanceamento das metas que avaliam pontos das operações logísticas e expedição. A empresa disponibilizou dados quantificáveis do ano de 2019, a Tabela 4 mostra os dados antes da implementação da *IoT/RFID*.

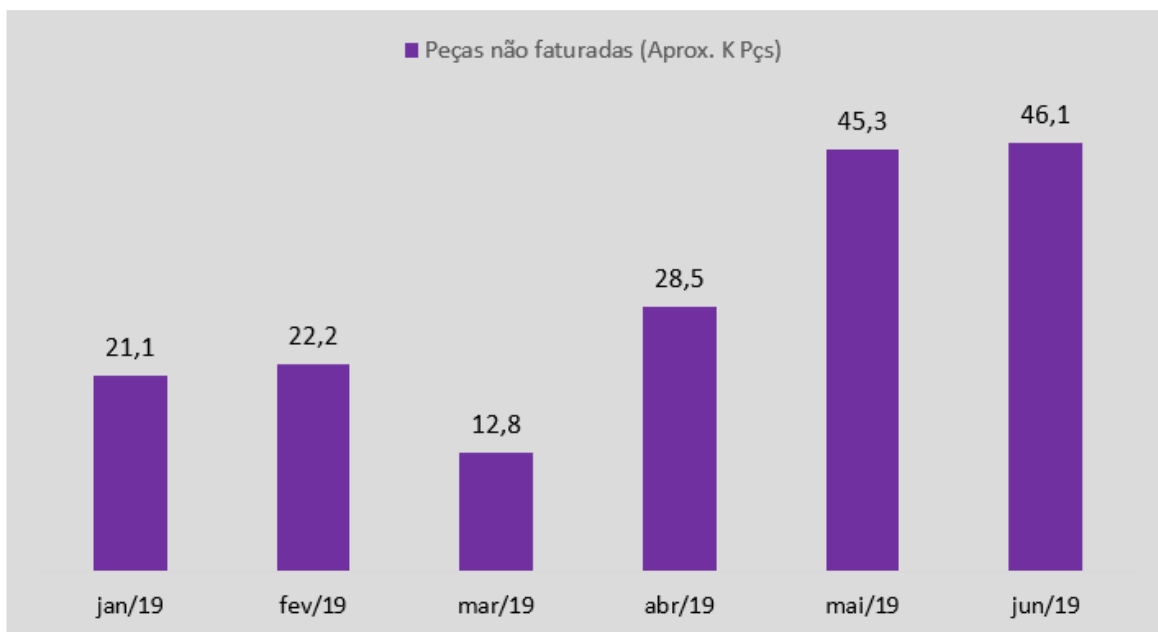
Tabela 4 – Desempenho KPI's: Janeiro à Junho - 2019

	jan/19	fev/19	mar/19	abr/19	mai/19	jun/19
Peças não faturadas (Aprox. K Pçs)	21	22	12	28	45	46
Eficiência - <i>Milk Run</i> (%)	87,5%	75%	87,5%	87,5%	75%	75%
Atraso de Faturamento (Aprox. K R\$)	401	422	243	542	861	876

Fonte: Elaborada pelo Autor.

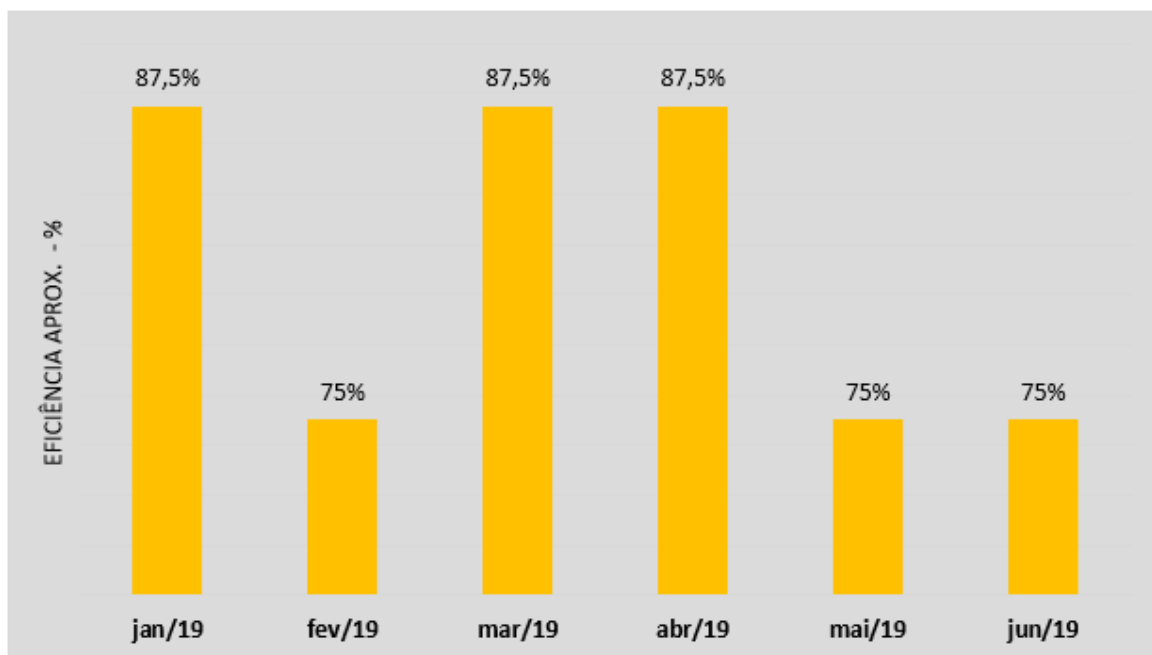
De acordo com os dados disponibilizados, a empresa controla e considera imprescindível manter os indicadores com mínimas oscilações e discrepâncias. O desempenho apresentado analisa resultados obtidos no período de janeiro a junho de 2019. Os indicadores são: Peças não faturadas, Eficiência *Milk Run* e Atraso de Faturamento. Os resultados derivados desses indicadores são explicados nos parágrafos seguintes.

A figura 11 apresenta as oscilações das peças não faturadas dentro do mês corrente em função de atrasos, falhas de produção, falhas de entrega ou erros no apontamento produtivo em função de ineficiência do modo de controle utilizado pela empresa estudada.

Figura 11 – Peças não faturadas (Aprox. K R\$): Jan – Jun (2019)

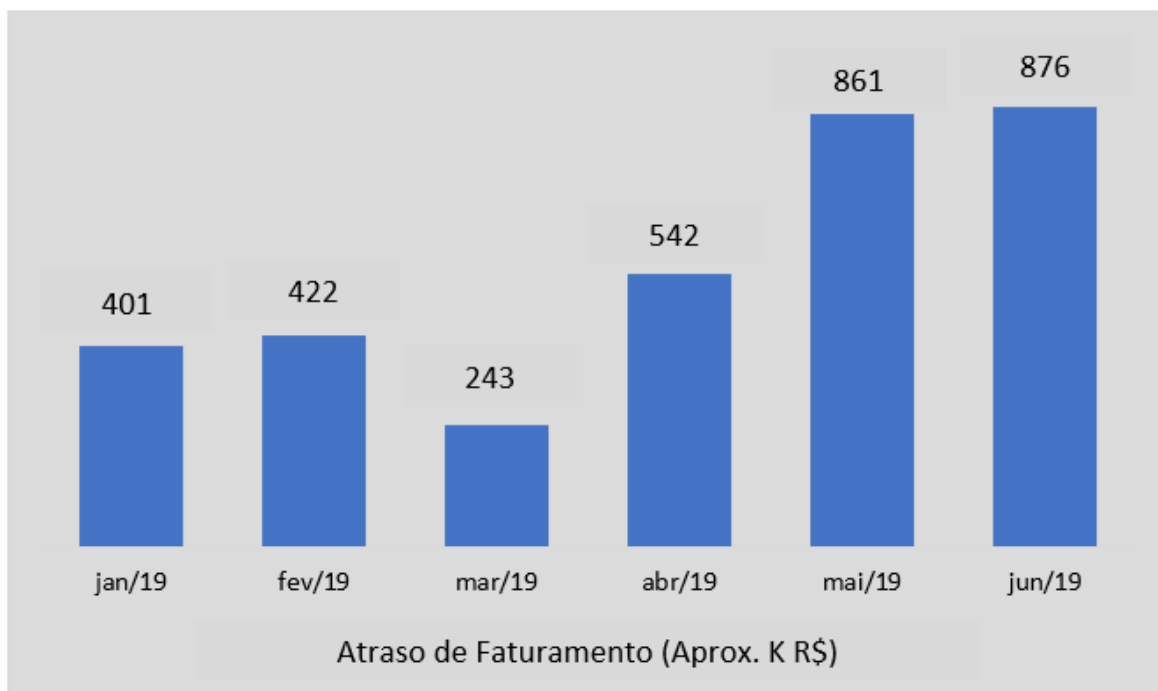
Fonte: Elaborada pelo Autor.

A figura 12 ilustra os dados sobre fiscalização de saída do produto, ou seja, a confiabilidade de entrega, uma vez que a empresa trabalha em formato *Milk Run*. A própria montadora envia seu veículo em horário agendado para retirada dos produtos, sendo que este caminhão também retira produtos em outros fornecedores. Segundo a empresa, a saída diária de caminhões enquadrados nesta categoria deveria ser de 8 unidades/dia, ou seja, 1 caminhão por montadora sendo que em caso de atraso ou não confirmação da não disponibilidade das peças o caminhão da montadora não adentra as dependências da empresa. A figura considera 100% eficiente quando todos os caminhões de todas as montadoras puderam retirar suas peças no dia e horário pré-agendado. Quando do não cumprimento desta premissa o indicador é demeritado proporcionalmente ao prejuízo que tal falha provoca ao sistema, ou seja, para um dia comum no caso de não cumprir a entrega para uma montadora o indicador responderia em 87,5%.

Figura 12 – Eficiência na entrega *Milk Run*: Jan – Jun (2019)

Fonte: Elaborada pelo Autor.

A Figura 13 ilustra os resultados obtidos em termos de atraso de faturamento mensal. A empresa alega que a existência de oscilação neste indicador é sinal obvio de peças que deveriam ter sido produzidas e não foram, considerando sempre que tais atrasos sejam os mínimos possíveis, mantendo assim, um bom relacionamento com o cliente que confia no atendimento da empresa, especialmente se a montadora trabalhar com a produção enxuta.

Figura 13 – Atraso de Faturamento (Aprox. K R\$): Jan – Jun (2019)

Fonte: Elaborada pelo Autor.

4.1 PROJETO DE MELHORIA DOS INDICADORES COM A IMPLEMENTAÇÃO DA IOT/RFID

Devido à oscilação observada dos indicadores apresentados nas figuras 11, 12 e 13, foi sugerido à empresa a implantação de controle de peças produzidas/acabadas através de Identificação por Radiofrequência e transmissão de informações por *IoT*. Para tal foram fornecidos alguns insumos e principalmente a construção de um *software* sob medida com tal tecnologia, em forma de parceria contando com o apoio do Parque Tecnológico de Sorocaba que disponibilizou, à partir do mês de julho/2019, ferramenta pronta, capaz de monitorar em tempo real à partir da colagem da etiqueta (*RFID*) a quantidade de peças no final da linha de produção, expedição e saída do produto no caminhão encarregado de cumprir o *Milk Run* diário. Por tal motivo, a empresa estudada consentiu que fosse realizado um acompanhamento constante de seus indicadores logísticos.

4.2 IMPLEMENTAÇÃO DA *IOT/RFID* REALIZADA PELA EMPRESA EM JULHO DE 2019

A empresa iniciou o processo de implementação da *IoT/RFID* buscando inicialmente entender como essa tecnologia funciona e como ela auxilia nos processos de inventário e obteve a seguinte definição estudada internamente por seus gestores da Cadeia de Suprimentos: O sistema de inventário utiliza a tecnologia conhecida como Identificação por Radiofrequência, ou simplesmente *RFID*, que consiste em um método de identificação através de sinais de rádio, onde um código associado a um objeto fica armazenado em Etiqueta de Radiofrequência e é recebido através de antenas. As antenas enviam sinais para as etiquetas e estes sinais alimentam os circuitos que haviam sido anteriormente gravados e ao serem estimulados pelas ondas de rádio, esses circuitos devolvem através de um novo sinal de rádio, o código contido nas etiquetas. Assim, todos os objetos ao alcance da antena são identificados de forma rápida e eficiente.

O protótipo foi composto por *hardware* e *software*. Para a parte de *hardware* foi utilizado um leitor de *RFID* de alta capacidade, adaptado para uma plataforma móvel, dessa maneira, o equipamento pode ser alocado e deslocado no galpão da expedição ou em qualquer ambiente onde a leitura das etiquetas precisa ser realizada.

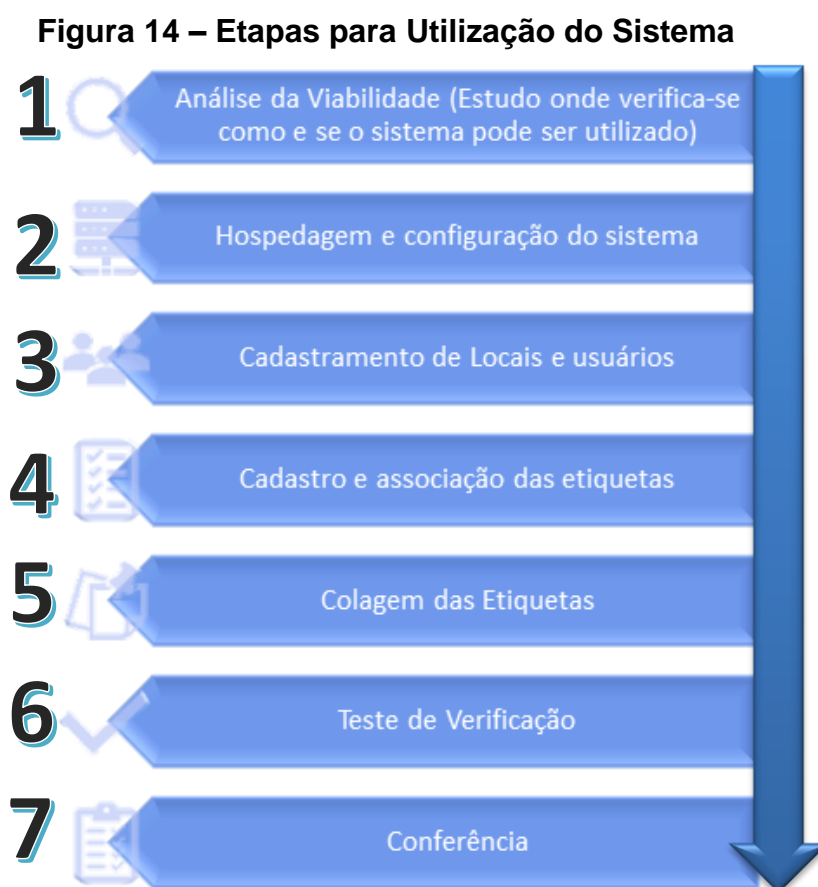
Em relação ao *software*, o projeto divide-se em duas partes: A primeira consiste em um *software* para operação do leitor *RFID* e realização das leituras localmente, ou seja, um painel para o operador do leitor, de fácil utilização, que permitirá a leitura das etiquetas. A segunda parte do *software* reside na *Web*, sendo um sistema para o gerenciamento do inventário, indicando o que deve existir em cada galpão, permitindo o cadastramento e associação de novas etiquetas. O sistema, portanto, foi constituído de dois módulos:

O Módulo Local é executado em *notebook* com conexão de rede e Internet que estará diretamente conectado ao dispositivo de leitura para a varredura dos galpões cadastrados em busca da verificação das etiquetas (conferência do

inventário). Em caso de ausência de conexão, o sistema será capaz de sincronizar os dados com módulo *Web* antes e depois da leitura;

O Módulo *Web* foi hospedado em servidor na *Internet*, permitindo o acesso aos dados do inventário em qualquer lugar e possibilitou a inclusão de galpões, etiquetas e usuários no sistema, bem como, alterações, ajustes e correções na base de dados.

Para a utilização do sistema e realização do inventário, a empresa teve de passar pelas seguintes etapas:



Fonte: Elaborada pelo Autor.

4.2.1 Estudo e análise da viabilidade

Os locais devem oferecer passagem ou acesso para o equipamento de leitura e, se possível, conexão com a Internet para a alimentação do módulo Web em tempo real.

Os gestores devem determinar o número de objetos que serão cadastrados, bem como, as definições de unidade (Caixas, equipamentos, itens únicos, entre outros).

Os locais que serão inventariados devem atender todos os requisitos para o funcionamento do RFID.

4.2.2 Hospedagem do sistema

Uma vez determinada a viabilidade, o sistema Web deverá ser hospedado em servidor na Internet e o banco de dados de inventário configurado corretamente.

4.2.3 Cadastramento dos usuários e locais

Após a hospedagem do módulo Web, deve-se cadastrar os usuários do sistema e os locais (galpões, ambientes, salas etc.), de acordo com a análise preliminar.

4.2.4 Cadastro das etiquetas

As etiquetas devem ser cadastradas no sistema e associadas ao tipo de objeto ou item. Para a realização deste cadastro é necessária a presença do leitor RFID, bem como, de conexão com a Internet.

Uma impressora pode auxiliar na identificação das etiquetas. Ou uma segunda etiqueta (simples) com os dados pode ser colocada por cima da etiqueta de Rádio Frequência.

Os objetos como notebooks ou equipamentos mais caros, podem ter seu cadastro realizado individualmente. Já os objetos ou itens iguais, podem ter seu cadastro realizado em grupo. Exemplo: 50 peças plásticas. Não há necessidade de cadastrar uma a uma, pois o sistema prevê o cadastro em grupo, isto é, podemos atribuir várias etiquetas para um tipo de objeto.

4.2.5 Colagem das etiquetas

Uma vez cadastradas e atribuídas aos seus respectivos itens, as etiquetas deverão ser coladas. O posicionamento da etiqueta é muito importante, pois, facilita a leitura por parte da antena.

A etiqueta não pode ser colada atrás de superfícies metálicas (pois a onda de rádio não consegue chegar) e deve ser colada de forma horizontal preferencialmente. Em alguns tipos de objetos, a etiqueta precisará ser protegida.

4.2.6 Teste de verificação

Uma primeira varredura deverá ser realizada no local para verificar se todas as etiquetas foram lidas corretamente, se não há falha de leitura ou “ponto cego” (área onde a antena não alcança).

As etiquetas com falha devem ser reposicionadas ou recadastradas e substituídas.

4.2.7 Conferência

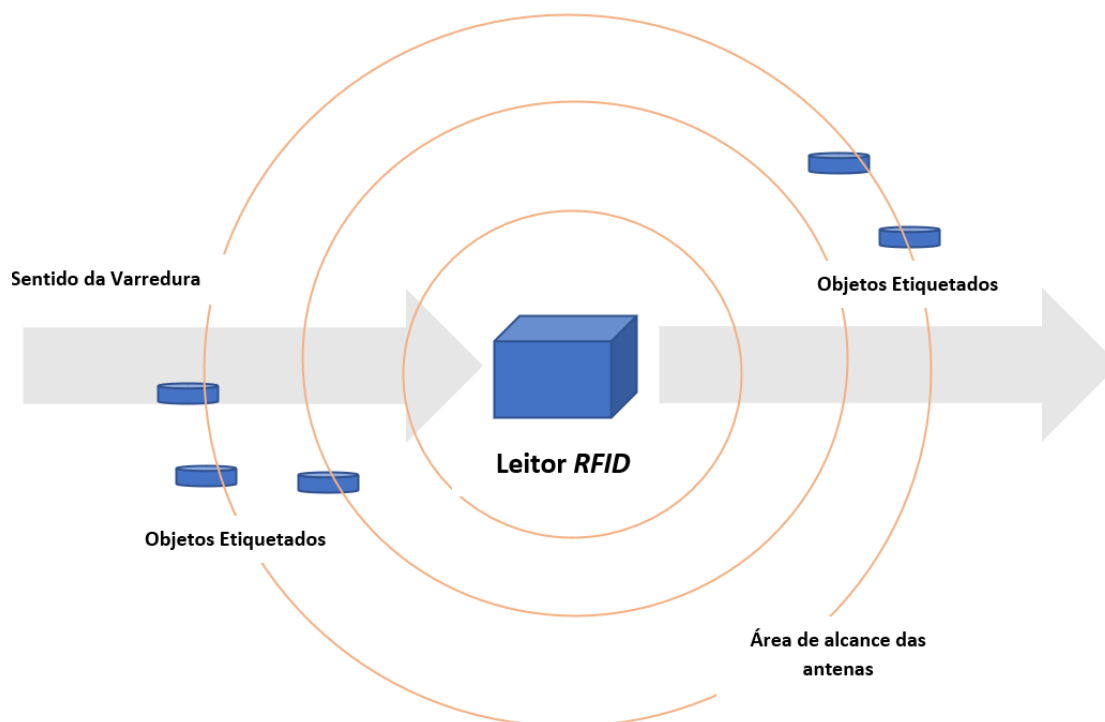
Periodicamente, poderá ser realizada a conferência dos objetos. Ou seja, o inventário do mobiliário e itens cadastrados no sistema.

Se algum item não pertencer ao local e estiver com uma etiqueta, o sistema irá informar. Se por outro lado estiver faltando algum item no local, o sistema também irá informar quais itens estão faltando.

4.3 PROCESSO DE VARREDURA E TESTES REALIZADOS PELA EMPRESA

De acordo com a empresa estudada, o Processo de Varredura e Testes consistiu em realizar a passagem do equipamento de leitura RFID, que atuando junto ao Software consegue verificar as etiquetas e realizar a contagem e verificação dos objetos no local determinado. A Figura 15 demonstra o Processo de Varredura.

Figura 15 – Processo de Varredura *RFID*



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Ao passar o equipamento com o Leitor RFID, todas as etiquetas ao alcance da antena serão lidas e contadas pelo sistema. Após a contagem, o sistema sincroniza os dados com as informações hospedadas no módulo Web.

5 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

O objetivo geral deste trabalho foi analisar se a *Internet* das Coisas pode impactar no desempenho econômico de uma empresa do setor de Autopeças, para tanto, este capítulo foi estruturado comparando-se os diferentes cenários que a empresa estudada apresentou durante a realização deste estudo, que resultou em sugestões, implantações e melhorias dos processos que impactaram diretamente nos indicadores de desempenho econômico já utilizados previamente pela empresa bem como nos indicadores apresentados na literatura.

O primeiro cenário estudado refere-se ao período de tempo compreendido entre janeiro à junho do ano de 2019, cujos dados exprimem as condições relatadas pela empresa estudada da forma como esta os considerava antes de todas as sugestões passadas, ou seja, processos de gerenciamento e apontamento da produção de peças gerais de injeção plástica sem o auxílio da tecnologia *RFID*, com indicadores considerados como atraso no faturamento, eficiência do *Milk Run* e peças não faturadas.

O segundo cenário estudado refere-se ao período de tempo compreendido entre julho à dezembro do ano de 2019, cujos dados exprimem as condições relatadas pela empresa estudada após a implementação das etiquetas de Identificação por Radiofrequência no fluxo produtivo após a etapa final do processo de produção denominada pintura, ou seja, as peças já finalizadas recebiam a etiqueta de identificação antes de serem enviadas à expedição. Os indicadores de desempenho analisados foram atraso no faturamento, eficiência do *Milk Run* e peças não faturadas.

O terceiro cenário estudado refere-se ao período de tempo compreendido entre janeiro à junho do ano de 2020, cujos dados exprimem as condições relatadas pela empresa estudada após a implementação das etiquetas de Identificação por

Radiofrequência e sugestões ofertadas durante a discussão dos dados observados no cenário 2 bem como as constatações feitas na revisão bibliográfica deste trabalho no tocante a indicadores de desempenho econômico na Gestão da Cadeia de Suprimentos, sendo as modificações sugeridas as seguintes:

- 1- Substituição da identificação das peças no final do fluxo produtivo (pintura) pela previa identificação das peças após o processo de injeção, fazendo com que, as peças produzidas já sejam acompanhadas de forma eletrônica previamente ao processo de pintura, aumentando assim, a confiança e rastreabilidade geral da capacidade produtiva da fábrica. Segundo Anandhi *et al.* (2018) a identificação de produtos permite confiança e rastreabilidade por todos os processos que o mesmo percorrer;
- 2- Inserção dos indicadores de desempenho econômico com base no observado na literatura e nos autores que fazem parte da revisão bibliográfica (Neely *et al.* (1995); Parker (2000); Heeramum (2003); Harrison *et al.* (2004); Christopher (2011); Christopher e Holweg (2011); Carvalho e Azevedo (2012); Akyuz e Erkan (2013); Estampe (2014); Anand e Grover (2015); Zhang e Okoroafo (2015); Ahi *et al.*(2016) e Haddach *et al.* (2016)) deste trabalho, compreendendo novos indicadores como tempo (quantidade de dias para peças estocadas), qualidade (peças devolvidas em garantia pelo cliente) e melhoria do processo (monitoramento do tempo de processo de fabricação incluindo tempo de pintura).
- 3- Readequação do controle denominado *Milk Run* que apontava apenas a quantidade de caminhões que saíam carregados durante um dia produtivo, não relatando a quantidade de peças enviadas ao cliente, que passou a ser feito de forma acurada, ou seja, o controle de *Milk Run* através do processo de rastreamento das etiquetas constantes em cada

peça individual passou a conter dígitos que identificam a montadora solicitante a identificação da peça e o lote de produção. Controle esse executado por meio de antena específica instalada na saída da empresa. Segundo Qu *et al.* (2014) a Identificação por Radiofrequência facilita o controle logístico pelo *Milk Run*.

O quadro 10 ilustra as características dos cenários apresentados pela empresa durante o desenvolvimento do trabalho de acordo com o período, emprego da tecnologia IoT e os indicadores de desempenho.

Quadro 13 - Cenários da empresa estudada

Cenários	Período	Auxílio de IoT	Indicadores de desempenho
1	Janeiro a junho de 2019	Não	Atraso no faturamento, Eficiência do <i>Milk Run</i> e Peças não faturadas.
2	Julho a dezembro de 2019	Sim	
3	Janeiro a junho de 2020	Sim	Atraso no faturamento, Eficiência do <i>Milk Run</i> , Peças não faturadas, Melhoria do processo, Qualidade e Tempo

Fonte: Elaborada pelo Autor.

As variáveis estão contidas no âmbito geral dos conceitos abordados na literatura tais como apresentados no quadro 14.

Quadro 14 – Indicadores de Desempenho e variáveis

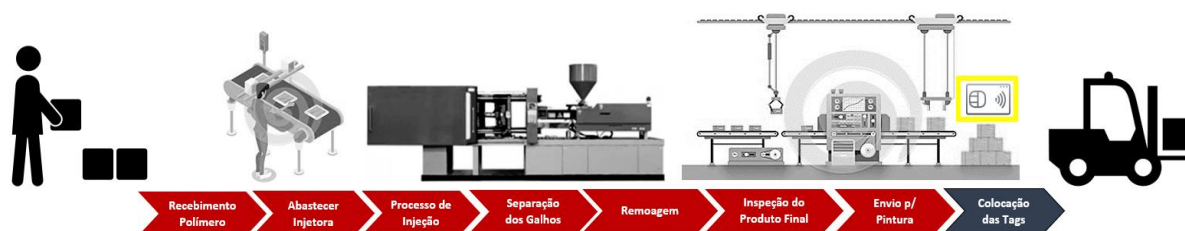
Indicadores de desempenho	Variáveis
Qualidade	Devolução de peças em garantia
Melhoria do processo	Monitoramento do tempo de processo de fabricação/ pintura das peças
Tempo	Quantidade de dias da peça em estoque

Fonte: Elaborada pelo Autor.

5.1 CENÁRIOS 1 E 2

Em julho de 2019, quando a empresa já havia realizado toda análise necessária para a implementação do RFID, fizeram a alteração no processo de manufatura com o acréscimo de 1 processo como evidencia a Figura 16.

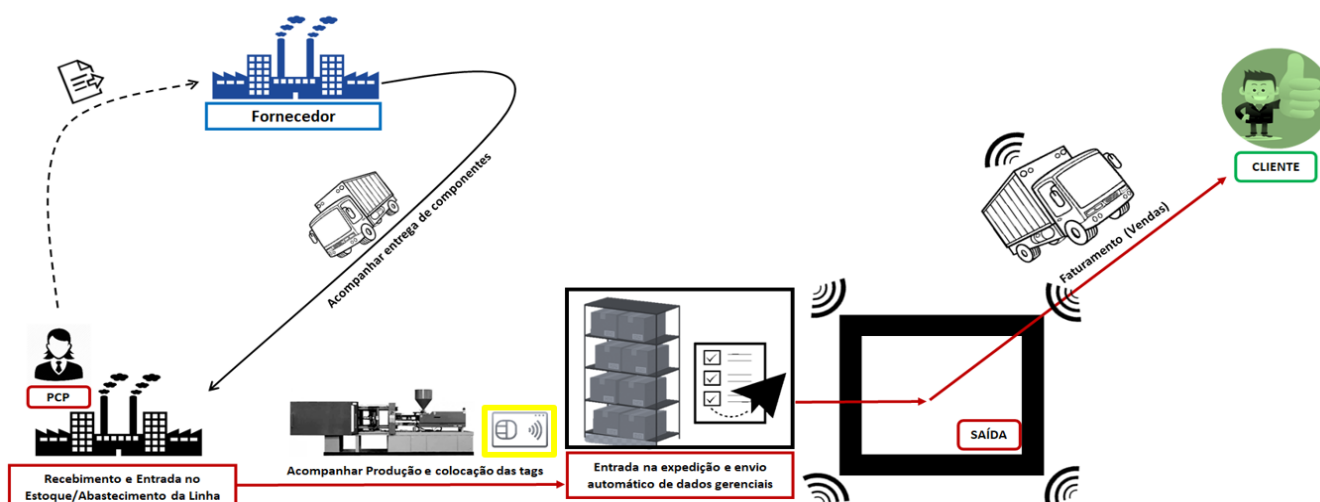
Figura 16 – Processo de Injeção Plástica com *RFID*



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Com a implementação do RFID a empresa obteve uma nova visão macro de seu Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, após a colocação das Tags e encaminhamento à expedição, a entrada dos materiais e envio de dados gerenciais ocorrem de forma automática, além disto, quando um caminhão sai da empresa, a baixa dos materiais também ocorrem de forma automática e pode ser monitorado até a chegada no cliente. A Figura 17 ilustra estes acontecimentos.

Figura 17 – Processo do GCS com *RFID*



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Após 6 meses de implementação, os 3 indicadores de desempenho da organização superaram a meta pré-estabelecida na tabela 4. Os dados quantificáveis foram disponibilizados pela empresa conforme mostra a Tabela 5.

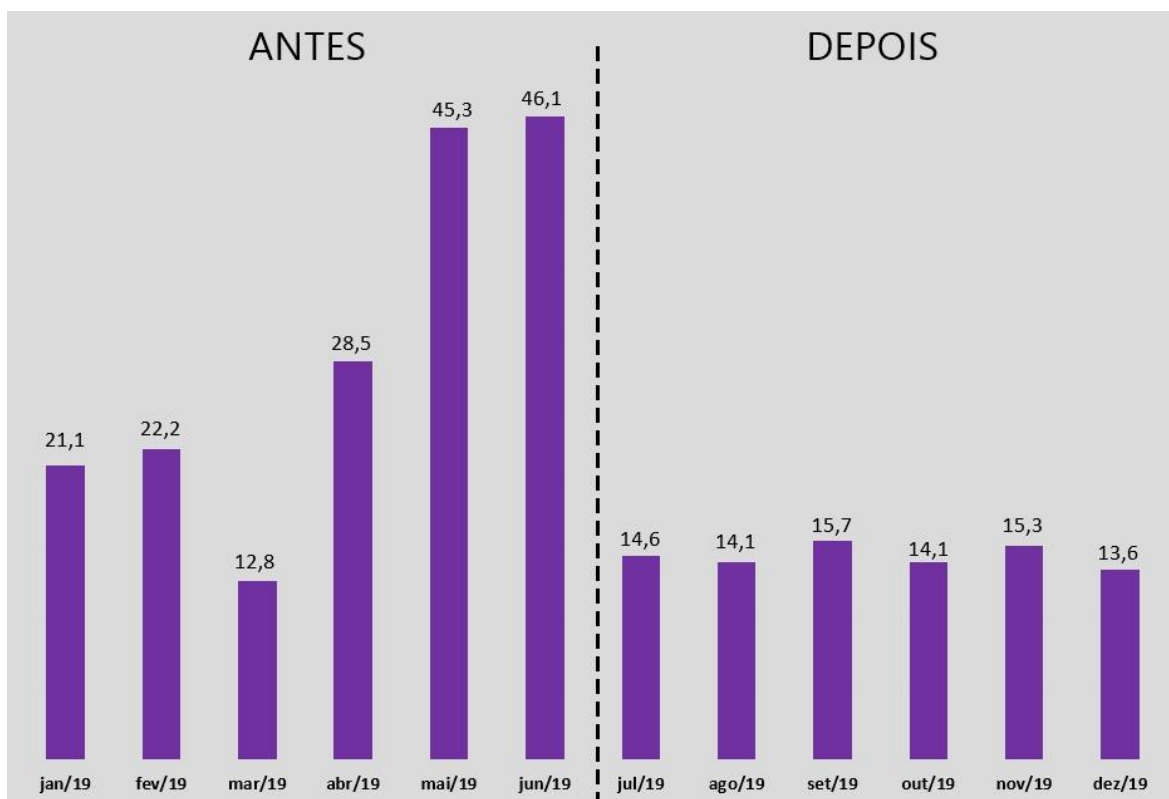
Tabela 5 – Desempenho KPI's: Julho à Dezembro – 2019

	jul/19	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19
Peças não faturadas (Aprox. K Pçs)	14	14	15	14	15	13
Eficiência - <i>Milk Run</i> (%)	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Atraso de Faturamento (Aprox. K R\$)	278	268	298	269	291	259

Fonte: Elaborada pelo Autor.

A Figura 18 ilustra o comparativo do indicador de peças não faturadas aproximadamente antes e depois da adoção do RFID/ *IoT*.

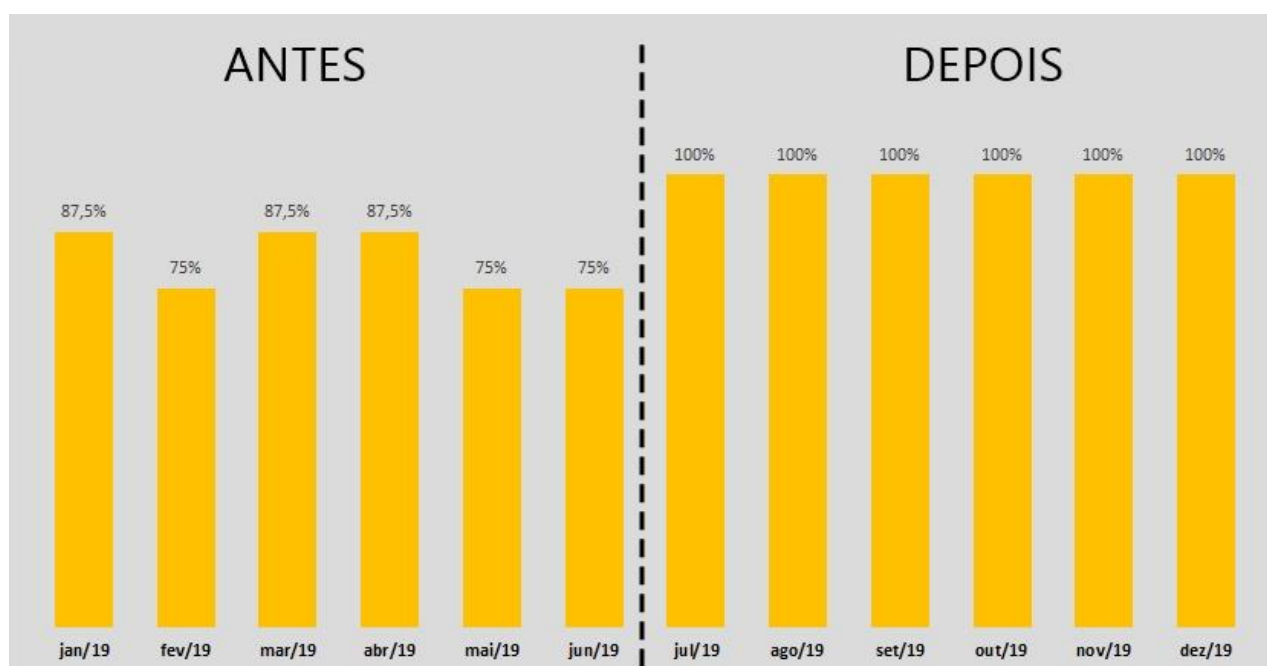
Figura 18 – Comparativo Indicadores: Peças não faturadas (Aprox. K Pçs) - 2019



Fonte: Elaborada pelo Autor.

A Figura 19 ilustra o comparativo do indicador de eficiência Milk Run aproximada antes e depois da adoção do RFID/ IoT.

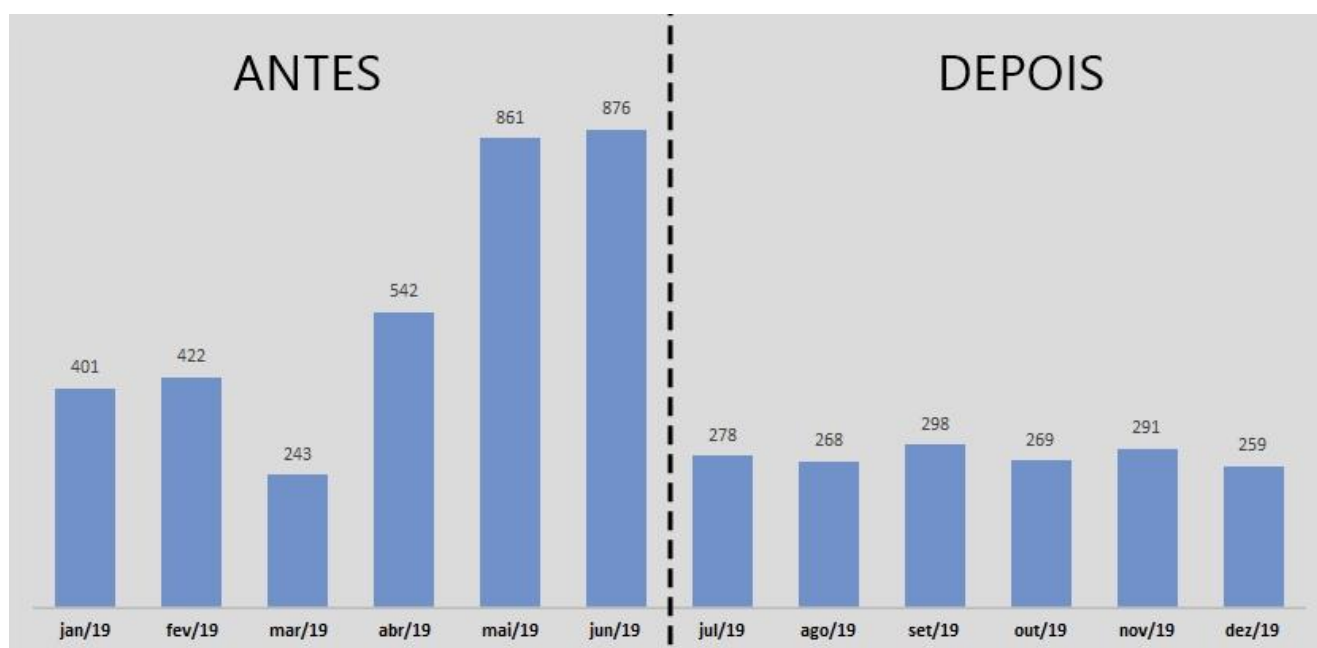
Figura 19 – Comparativo Indicadores: Eficiência *Milk Run* - 2019



Fonte: Elaborada pelo Autor.

A Figura 20 ilustra o comparativo do indicador de atraso no faturamento aproximado antes e depois da adoção do RFID/ IoT.

Figura 20 – Comparativo Indicadores: Atraso no faturamento (Aprox. K R\$) - 2019



Fonte: Elaborada pelo Autor.

5.2 CENÁRIOS 2 E 3

A partir da análise dos cenários 1 e 2, foi possível identificar uma imprecisão no indicador do processo *Milk Run* utilizado pela empresa (figura 19), uma vez que os resultados mostraram eficiência de 100%, porém manteve-se o atraso no faturamento. Tal imprecisão se deu devido ao indicador apontar apenas a quantidade de caminhões que saíam carregados, sem a quantidade exata de peças enviadas ao cliente.

Com a adoção da Identificação por Radiofrequência (RFID), amparada pela *Internet das Coisas*, o controle do *Milk Run* passou a ser feito de maneira acurada, com o rastreamento individual de cada peça nos processos. Cada etiqueta possui as informações referentes ao Código da montadora solicitante, N° da peça e Lote, assim como ilustrado na figura 21.

Figura 21 – Informações nas etiquetas RFID



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Milk Run é o nome genérico de um método de compras logísticas que usa o roteamento para consolidar mercadorias pelo comprador. É um método de coleta de mercadorias em que o usuário (por exemplo, fabricante de montagem de automóveis) envia um caminhão em um período especificado para visitar vários fornecedores (por exemplo, fornecedor de peças), seguindo uma rota predefinida para coletar peças ou produtos e entregá-los à fábrica (BRAR; SAINI, 2011).

A figura 22, exemplifica o controle efetuado diariamente com resultado semanal durante o mês de janeiro do ano de 2020.

Figura 22 – Exemplo de controle efetuado diariamente com resultado semanal em janeiro (Peças retiradas pelo *Milk Run*)

Janeiro					
	1ªSem	2ªSem	3ªSem	4ªSem	5ªSem
Montadora 1	2.818	2.804	2.811	2.785	2.781
Montadora 2	2.456	2.624	2.540	2.821	2.786
Montadora 3	1.683	1.749	1.732	1.789	1.875
Montadora 4	3.125	3.278	3.497	3.875	3.116
Montadora 5	2.134	1.876	2.143	1.899	1.914
Montadora 6	4.229	2.782	3.687	3.754	3.894
Montadora 7	1.872	1.369	1.745	1.986	2.124
Montadora 8	5.746	4.742	4.213	4.652	3.574

Fonte: Elaborada pelo Autor.

O controle de peças retiradas pelo *Milk Run* possui a quantidade de peças entregues para cada montadora semanalmente. A figura 23 ilustra o exemplo de controle efetuado diariamente com resultado semanal no mês de junho do ano de 2020.

Figura 23 – Exemplo de controle efetuado diariamente com resultado semanal em junho (Peças retiradas pelo *Milk Run*)

Junho					
	1ªSem	2ªSem	3ªSem	4ªSem	5ªSem
Montadora 1	1.486	1.421	1.784	1.845	1.411
Montadora 2	1.895	1.545	1.342	1.134	1.284
Montadora 3	1.254	1.242	1.355	1.458	1.387
Montadora 4	1.469	1.372	1.264	1.354	1.382
Montadora 5	1.263	1.457	1.421	1.632	1.612
Montadora 6	1.542	1.658	1.674	1.689	1.538
Montadora 7	1.258	1.385	1.274	1.421	1.465
Montadora 8	1.458	1.685	1.754	1.852	1.678

Fonte: Elaborada pelo Autor.

A realização do controle diário permite ao gestor da empresa estudada calcular a quantidade de produtos solicitados *versus* entregues, e por consequência o percentual de eficiência por montadora, que pode ser calculado diariamente ou demonstrado em cálculos mensais, facilitando assim, a visualização total dos produtos que atrasaram, conforme ilustra a figura 24.

Figura 24 – Relação de peças solicitadas x Peças entregues ao cliente no 1º trimestre de 2020

	jan/20			fev/20			mar/20		
	SOLICITADO	ENTREGUE	EFICIÊNCIA	SOLICITADO	ENTREGUE	EFICIÊNCIA	SOLICITADO	ENTREGUE	EFICIÊNCIA
Montadora 1	13.999	13.999	100%	13.115	12.842	98%	14.217	14.217	100%
Montadora 2	13.227	12.852	97%	13.726	13.726	100%	16.420	16.420	100%
Montadora 3	8.828	8.828	100%	10.433	10.433	100%	12.093	11.675	97%
Montadora 4	16.891	15.558	92%	19.409	19.409	100%	16.246	16.246	100%
Montadora 5	9.966	9.966	100%	15.274	14.678	96%	13.181	13.181	100%
Montadora 6	18.346	17.675	96%	20.318	20.318	100%	18.285	18.285	100%
Montadora 7	9.096	9.096	100%	10.310	10.310	100%	9.389	9.389	100%
Montadora 8	22.927	22.927	100%	23.895	22.867	96%	19.869	18.851	95%
TOTAL	113.280	110.901	98%	126.480	124.583	99%	119.700	118.264	99%
		2.379			1.897			1.436	
		↑			↑			↑	
		ATRASSO			ATRASSO			ATRASSO	

Fonte: Elaborada pelo Autor.

A figura 25 demonstra a relação entre peças solicitadas e peças entregues no 2º trimestre do ano de 2020 com a quantidade de entregas, solicitações, atrasos, média percentual da eficiência e seus respectivos totais.

Figura 25 – Relação de peças solicitadas x Peças entregues ao cliente no 2º trimestre de 2020

	abr/20			mai/20			jun/20		
	SOLICITADO	ENTREGUE	EFICIÊNCIA	SOLICITADO	ENTREGUE	EFICIÊNCIA	SOLICITADO	ENTREGUE	EFICIÊNCIA
Montadora 1	128	128	100%	3.688	3.688	100%	7.947	7.947	100%
Montadora 2	175	175	100%	3.713	3.612	97%	7.200	7.200	100%
Montadora 3	118	118	100%	2.640	2.527	96%	6.696	6.174	92%
Montadora 4	183	183	100%	3.236	3.236	100%	6.841	6.247	91%
Montadora 5	122	122	100%	2.755	2.755	100%	7.385	7.075	96%
Montadora 6	166	166	100%	3.676	3.287	89%	8.101	8.101	100%
Montadora 7	98	98	100%	2.692	2.692	100%	6.803	6.803	100%
Montadora 8	170	150	88%	3.830	3.830	100%	8.427	8.427	100%
TOTAL	1.160	1.140	99%	26.230	25.627	98%	59.400	57.974	97%
		20			603			1.426	
		↑			↑			↑	
		ATRASSO			ATRASSO			ATRASSO	

Fonte: Elaborada pelo Autor.

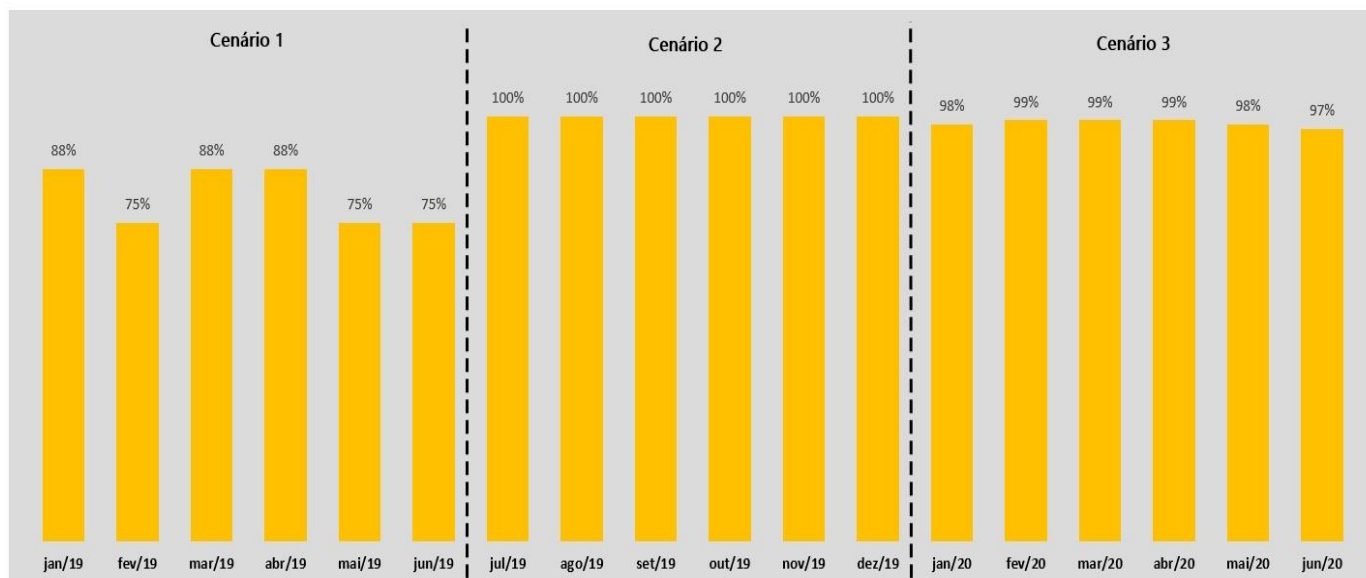
Com o controle das peças de forma individual, ao final do semestre é possível calcular a eficiência do atendimento *Milk Run* mensalmente com a média percentual de cada montadora, conforme ilustra a figura 26.

Figura 26 – Eficiência do atendimento do *Milk Run* com peças controladas de forma individual

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	
	EFICIÊNCIA						
Montadora 1	100%	98%	100%	100%	100%	100%	} Eficiência por montadora
Montadora 2	97%	100%	100%	100%	97%	100%	
Montadora 3	100%	100%	97%	100%	96%	92%	
Montadora 4	92%	100%	100%	100%	100%	91%	
Montadora 5	100%	96%	100%	100%	100%	96%	
Montadora 6	96%	100%	100%	100%	89%	100%	
Montadora 7	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Montadora 8	100%	96%	95%	88%	100%	100%	
Média	98%	99%	99%	99%	98%	97%	
	} Eficiência por mês						

Fonte: Elaborada pelo Autor.

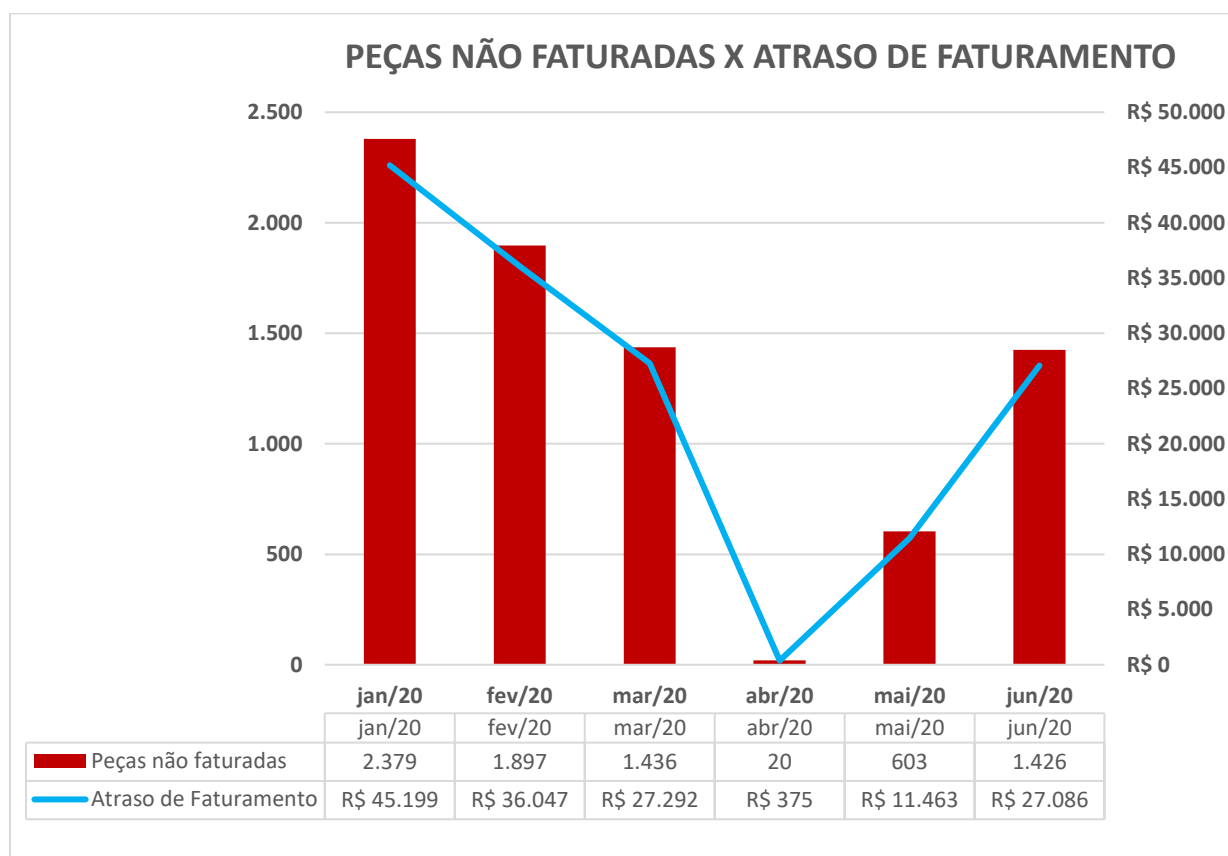
A figura 27 ilustra o progresso do indicador de desempenho de eficiência *Milk Run* nos cenários 1 (janeiro a junho de 2019), 2 (julho a dezembro de 2019) e 3 (janeiro a junho de 2020).

Figura 27 – Comparativo Indicadores: Eficiência *Milk Run* – jan/19 a jun/20

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Com a correção no apontamento e controle de medição do indicador de desempenho de eficiência do *Milk Run*, a confiabilidade e precisão dos dados teve melhora significativa. Tal indicador reflete também, melhora nos indicadores de atraso no faturamento e peças não faturadas, assim como mostrado na figura a seguir:

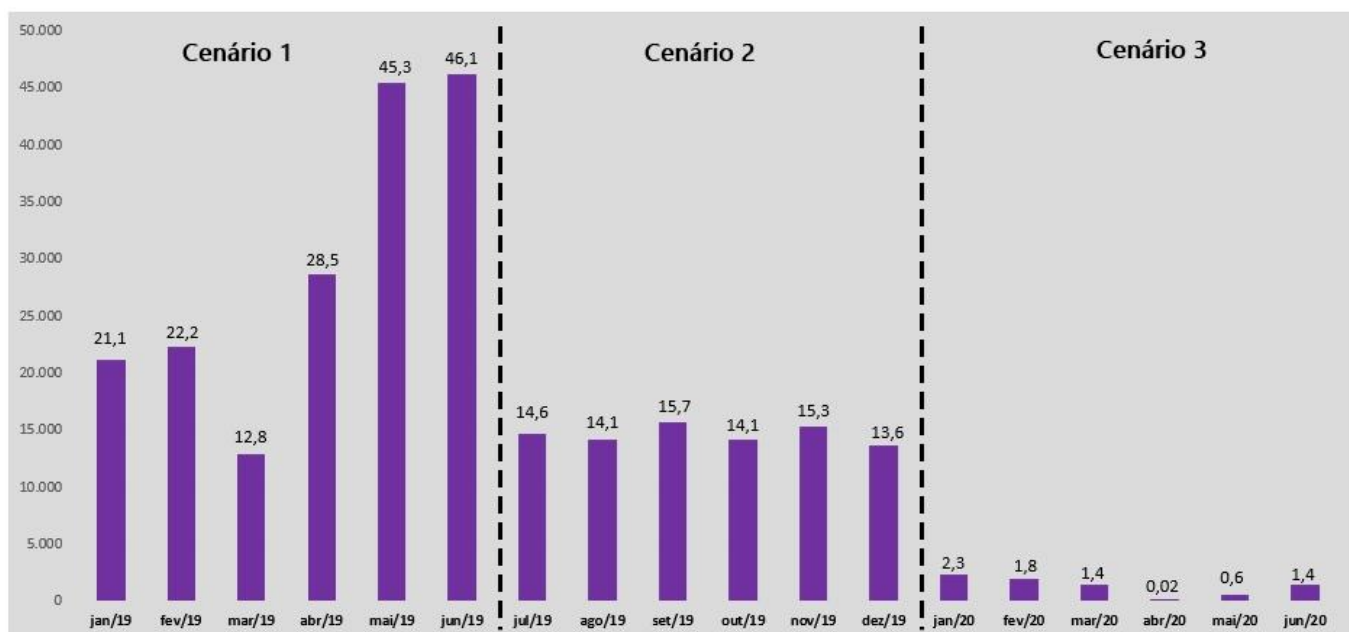
Figura 28 – Comparativo Indicadores: Atraso no faturamento (Aprox. K R\$) e Peças não faturadas (Aprox. K Pçs) – jan/20 a jun/20



Fonte: Elaborada pelo Autor.

A Figura 29 ilustra o progresso do indicador de desempenho em peças não faturadas nos cenários 1 (janeiro a junho de 2019), 2 (julho a dezembro de 2019) e 3 (janeiro a junho de 2020).

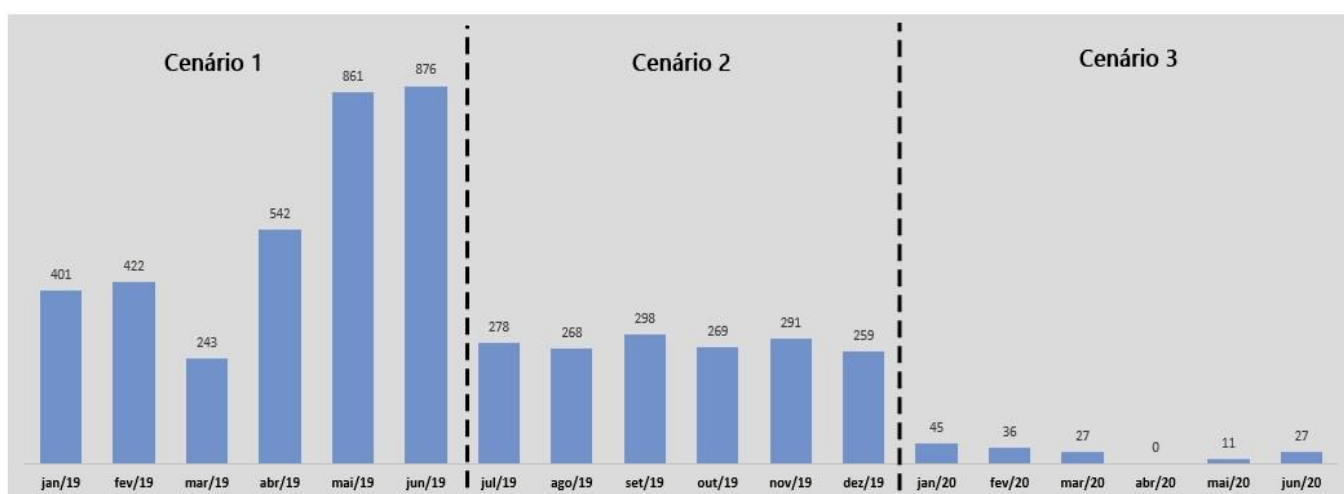
Figura 29 – Comparativo Indicadores: Peças não faturadas (Aprox. K Pçs) – jan/19 a jun/20



Fonte: Elaborada pelo Autor.

A Figura 30 ilustra o progresso do indicador de desempenho em atraso do faturamento nos cenários 1 (janeiro a junho de 2019), 2 (julho a dezembro de 2019) e 3 (janeiro a junho de 2020).

Figura 30 – Comparativo Indicadores: Atraso de faturamento (Aprox. K R\$) – jan/19 a jun/20



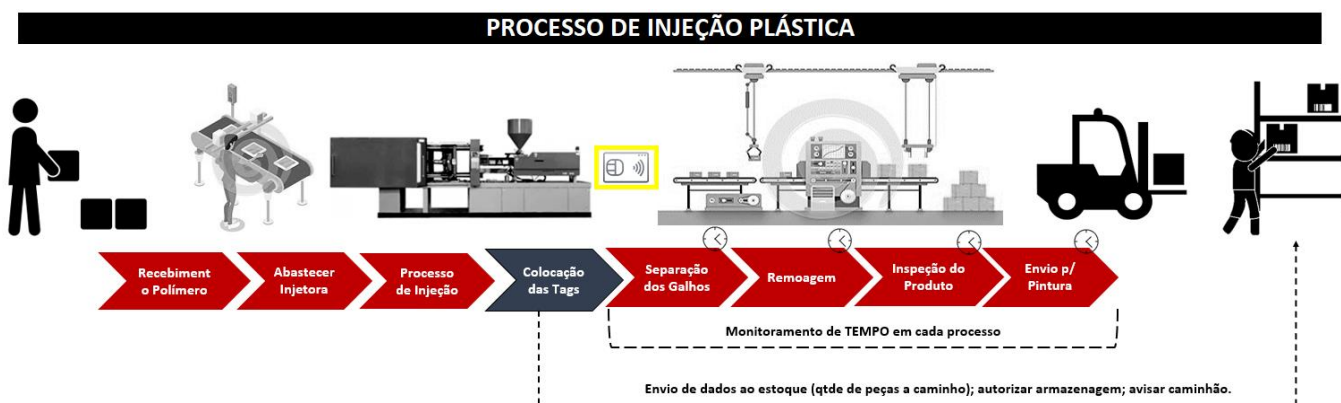
Fonte: Elaborada pelo Autor.

Segundo Haddach *et al.* (2016) uma Cadeia de Suprimentos bem gerenciada possui como consequência a melhoria nos processos da empresa. Tal indicador pode ser compreendido no planejamento, controle, monitoramento ou análise efetiva no progresso de atividades apresentadas através da minimização dos custos ou maximização de lucros.

Para tanto, foi sugerida à empresa em estudo o Monitoramento do tempo de processo de fabricação/ pintura das peças como indicador de Melhoria do Processo levantado na revisão bibliográfica. Este indicador permitirá ao gestor da Cadeia de Suprimentos identificar através do acompanhamento em tempo real, se a *IoT* otimizou no processo de produção.

A figura 31, ilustra o indicador de melhoria no processo de injeção plástica com o auxílio da *RFID*, permitindo o monitoramento do tempo em cada processo da fabricação.

Figura 31 – Indicador de Melhoria do Processo: Processo de Injeção Plástica com *RFID*



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Com a integração adicional da *RFID* ao estoque, o tempo total de operação pode ser reduzido, devido ao processamento de dados ocorrer em tempo real. A identificação exclusiva de cada item marcado e o monitoramento do *status*, resultam em maior visibilidade e rastreabilidade do estoque em qualquer estágio da Cadeia de Suprimentos, maior precisão e compartilhamento de dados, contagens

automatizadas de inventário, recebimento e varredura automatizados para a integração do gerenciamento de materiais (LIU *et al.*, 2019).

O gerenciamento do estoque em tempo real permite rápida detecção de itens extraviados no armazém usando dispositivos com *RFID* ou empilhadeiras habilitadas para *RFID*. Isso ajuda a evitar erros no local de armazenamento que levam à imprecisão do inventário, pedidos incompletos e pode provocar vendas subsequentes perdidas (HARIHARAN; BUKKAPATNAM, 2009).

O rastreamento do produto afeta várias áreas, proporcionando muitos benefícios dentro do estoque, pois permite o conhecimento da localização dos itens, ajudando a melhorar a utilização do espaço e aumentando a precisão nos registros do produto, reduzindo assim, os níveis de estoque, ajudando a diminuir a quantidade de trabalho manual, manuseio de materiais e permitindo um melhor gerenciamento de riscos. Por fim, informações mais precisas sobre os produtos podem aprimorar o compartilhamento de informações entre os parceiros da Cadeia de Suprimentos, ajudando a determinar melhor os tempos de chegada e despacho (KWOK; WU, 2009).

O uso da *RFID* pode diminuir erros de falta de estoque de produtos, melhorar a utilização do espaço, gerenciar ativos / recursos e minimizar o estoque. Além disso, custos mais baixos também são o resultado da redução do manuseio de material e mão de obra através do uso da tecnologia (LIU *et al.*, 2019).

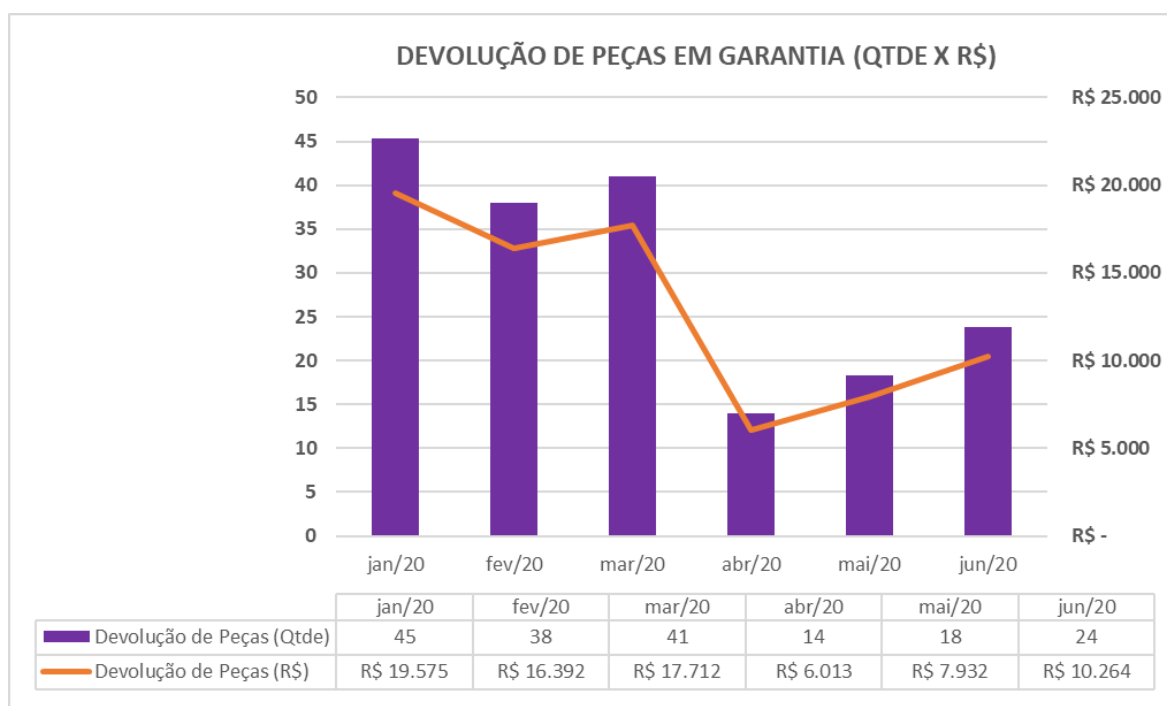
Baseado na literatura, foi recomendada a utilização do indicador de tempo para controlar a quantidade de dias da peça em estoque, permitindo ao gestor visibilidade para estratégias de minimização do estoque.

Analisando o vínculo entre a mão de obra reduzida e outros benefícios da *RFID*, pode-se perceber o resultado direto do rastreamento do produto que fornece maior precisão dos dados. Isso significa que é gasto menos tempo na identificação de itens e seus locais. Esses benefícios também oferecem melhores serviços ao cliente, como ausência de falta de estoque, melhor gerenciamento do prazo de validade, qualidade e autenticação de produtos (HO *et al.*, 2010).

O envolvimento dinâmico do cliente em tempo real é muito útil no mercado nacional e internacional, pois a tecnologia *RFID* permite o aumento da velocidade, eficiência e flexibilidade dos negócios, através da rastreabilidade que esta oferece. A satisfação é a primeira prioridade dos clientes quando compram um produto (ALZHRANI *et al.*, 2017).

A partir das informações tratadas na literatura, foi sugerido o indicador de qualidade, que trata diretamente de peças retornadas em garantia, conforme ilustra a figura 32.

Figura 32 – Indicador de Qualidade: Devolução de peças em garantia



Fonte: Elaborada pelo Autor.

O indicador apontado na figura 29 possui impacto significativo uma vez que as peças devolvidas/ retornadas em garantia possuem alto valor agregado visto que o cliente cobrará da empresa o valor que este executa de venda no mercado consumidor para cada peça retornada. As peças identificadas com etiqueta *RFID* ao entrarem na planta da empresa já estão automaticamente rastreadas com código da montadora, lote e outras informações pertinentes.

A análise dos dados do caso demonstrou que a implementação da *Internet das Coisas* através da tecnologia de Identificação por Radiofrequência contribuiu para a melhora do Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos em seu desempenho econômico. Os indicadores de desempenho aprimoram o controle e gerenciamento das operações através do monitoramento dos processos.

6 CONCLUSÃO

Cada empresa define o desempenho de uma maneira diferente, com base em indicadores específicos, alinhados às suas perspectivas estratégicas e estrutura tática. Para aprimorar os Indicadores de Desempenho, as empresas tendem a usar Sistemas de Informação, ou outros sistemas existentes semelhantes, para manter sua cadeia sob controle.

O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos é o coração da corporação moderna. A *Internet das Coisas (IoT)* é uma revolução no campo das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), com o objetivo de extrair, transferir, armazenar, processar e compartilhar as informações necessárias em todas as atividades. Além disso, é importante comunicar e compartilhar automaticamente cada operação relacionada aos fluxos, para uma melhor colaboração e interoperabilidade na Cadeia de Suprimentos.

O objetivo deste trabalho foi preencher a lacuna existente na literatura, identificando quais os impactos econômicos que uma empresa pode apresentar quando possui a tecnologia *IoT* no seu Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.

Para isso, foi realizada uma análise para verificar se a *Internet das Coisas* utilizada na Cadeia de Suprimentos pode impactar no desempenho econômico de uma empresa no setor de Autopeças. Portanto, foi realizado um estudo de caso em uma empresa que utilize *IoT* e pertença a uma Cadeia de Suprimentos da Indústria de Autopeças e a partir deste, constatou que há impacto no gerenciamento, em específico, no desempenho econômico.

O estudo de caso foi realizado em uma empresa privada considerada uma importante fornecedora direta de 8 montadoras de veículos. O primeiro cenário ocorreu de janeiro a junho de 2019, considerando os indicadores de desempenho que a empresa já utilizava em seu gerenciamento, como atraso no faturamento, eficiência *Milk Run* e peças não faturadas.

O segundo cenário compreendeu o período de julho a dezembro de 2019, com a adoção da tecnologia *IoT* através da ferramenta de Identificação por

Radiofrequência. Os resultados mostraram melhor controle dos dados, porém, foi possível perceber que tais indicadores não conseguiam expressar o desempenho da Cadeia de Suprimentos e a partir disso, no terceiro cenário, compreendido de janeiro a junho de 2020, foi sugerido à empresa que o processo *Milk Run* fosse feito com o rastreamento individual da peça, permitindo então que o processo se realize de maneira acurada.

Foi proposto à empresa em estudo a realização de acompanhamento e monitoramento dos processos com a inclusão dos indicadores de desempenho levantados na literatura para o tempo, qualidade e melhoria do processo. Sendo assim, a empresa acatou as sugestões e aderiu o monitoramento do tempo de processo de fabricação/ pintura das peças; controle da quantidade de dias da peça em estoque e acompanhamento da qualidade por meio da quantidade de peças devolvidas pelo cliente.

Com base nos resultados observados após a implementação *RFID*, a empresa estudada apresentou melhoras significativas nos indicadores de desempenho, à exemplo, o indicador de peças não faturadas, em junho de 2019 estava aproximadamente 46,1K peças, em julho de 2019 passou a aproximadamente 14,6 K peças e em janeiro de 2020 aproximadamente 2,3 K peças. O indicador de atraso de faturamento saiu do primeiro cenário com com aproximadamente 876 K R\$, passando para o segundo cenário com aproximadamente 278 K R\$ e em seu terceiro cenário com aproximadamente 45 K R\$.

O indicador de eficiência do *Milk Run* variava entre 88% e 75% no primeiro cenário, no segundo estaginou em 100% e com o controle individual das peças no terceiro cenário, variando de 97% a 99%.

A análise dos resultados obtidos permitiu responder a lacuna identificada na literatura, confirmando o impacto positivo nos indicadores de desempenho econômico da empresa estudada, permitindo auxiliar trabalhos futuros que objetivem explorar os assuntos abordados em outras indústrias e empresas.

Este trabalho trouxe contribuições práticas e teóricas da Engenharia de Produção, pois, o presente estudo esclarece o assunto em razão da adoção da *IoT*

como ferramenta que poderá auxiliar em trabalhos futuros para diversos tipos de indústrias e empresas através da informação disseminada, de forma a auxiliar na construção de conhecimento direcionado ao avanço tecnológico e desempenho econômico.

Este trabalho traz uma proposta inovadora, pois, estuda a implementação e os impactos da tecnologia *IoT* na otimização e controle da Cadeia de Suprimentos.

7 REFERÊNCIAS

- AGIWAL, M.; ROY, A.; SAXENA, N. Next Generation 5G Wireless Networks: A Comprehensive Survey. **IEEE Communications Surveys and Tutorials**, v. 18, n. 3, p. 1617-1655, 2016.
- AHI, P.; SEARCY, C.; JABER, M. Y. Energy-related performance measures employed in sustainable supply chains: A bibliometric analysis. **Sustainable Production and Consumption**, v. 7, p. 1-15, Jul 2016.
- AKYUZ, G. A.; ERKAN, T. E. Supply chain performance measurement: a literature review. **International Journal of Production**, Londres, v. 48, n. 17, p. 5137-5155, Fev 2013.
- ALZHRANI, A.; QURESHI, M. S.; THAYANANTHAN, V. RFID of next generation network for enhancing customer relationship management in healthcare industries. **Technology and Health Care**, v. 25, n. 5, p. 903-916, 2017.
- ANAND, N.; GROVER, N. Measuring retail supply chain performance: Theoretical model using key performance indicators (KPIs). **Benchmarking: An International Journal**, v. 22, n. 1, p. 135-166, 2015.
- ASHTON, K. hat “Internet of Things” Thing: In the Real World Things Matter More than Ideas. **RFID Journal**, 2009. Disponível em: <<https://www.rfidjournal.com/that-internet-of-things-thing>>. Acesso em: 08 Mai 2020.
- ATZORI, L.; IERA, ; MORABITO, G. The Internet of Things: A survey. **Computer Networks**, v. 54, n. 15, p. 2787-2805, Out 2010.
- BACCARELLI, E. et al. Fog of Everything: Energy-Efficient Networked Computing Architectures, Research Challenges, and a Case Study. **IEEE Access**, v. 5, p. 9882-9910, Mai 2017.
- BARRETO, L.; AMARAL, A.; PEREIRA, T. Industry 4.0 implications in logistics: an overview. **Procedia Manufacturing**, Vigo, v. 13, p. 1245-1252, 28-30 Jun 2017.
- BEAMON, B. M. Measuring supply chain performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 19, n. 3, p. 275-292, 1999.
- BEN DAYA, M.; HASSINI, E.; BAHROUN, Z. Internet of things and supply chain management: a literature review. **International Journal of Production Research**, 2017.
- BONNEFOUS, C. M.; COURTOIS, A. **Indicateurs de performance**. Paris: Productique-Hermes, 2001.
- BORGIA, E. The Internet of Things vision: Key Features, Applications and Open Issues. **Computer Communications**, v. 54, p. 1-31, 2014.
- BOUQUIN, H. **Le contrôle de gestion**. 2. ed. Paris: Presses Universitaire de France, 2004.
- BOWERSOX, D. C.; CLOSS, D.; COOPER, M. B. **Supply Chain Logistics Management**. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2002.
- BOZARTH, C.; HANDFIELD, R. **Introduction to Operations and Supply Chain Management**. 5. ed. [S.l.]: Pearson, 2018.
- BRAR, G. S.; SAINI, G. Milk Run Logistics: Literature Review and Directions. **World Congress on Engineering**, Londres, Jul 2011.

- BRYMAN, A. Work, Employment and Society. **Book Reviews**, v. 9, n. 2, p. 414-415, 1995.
- CARVALHO, H.; AZEVEDO, S. G. Agile and resilient approaches to supply chain management: Influence on performance and competitiveness. **Logistics Research**, v. 4, n. 1-2, p. 49-62, Mar 2012.
- CHEN, I.; PAULRAJ, A. Towards a theory of supply chain management: The constructs and measurements. **Journal of Operations Management**, p. 119–150, 2004.
- CHRISTOPHER, M. **Logistics & Supply Chain Management**. 4. ed. [S.l.]: FT Press, 2011.
- CHRISTOPHER, M.; HOLWEG, M. "Supply Chain 2.0": Managing supply chains in the era of turbulence. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 41, n. 1, p. 63-82, Feb 2011.
- ČOLAKOVIĆ, A.; HADŽIALIĆ, M. Internet of Things (IoT): A Review of Enabling Technologies, Challenges, and Open Research Issues. **Computer Networks**, p. 17-39, 2018.
- COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. 2ª. ed. [S.l.]: Bookman, 2007.
- DE TONI, A.; TONCHIA, S. Performance measurement systems - Models, characteristics and measures. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 21, n. 1/2, p. 46-71, Jan 2001.
- DE VASS, T.; SHEE, H.; MIAH, S. The effect of “Internet of Things” on supply chain integration and performance: An organisational capability perspective. **Australasian Journal of Information Systems**, v. 22, 22 Jun 2018.
- DOBROSZEK, J. Review of sample concepts of supply chain performance measurement. **Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości**, v. 68, n. 124, p. 21-43, 2012.
- EDQUIST, H.; GOODRIDGE, P.; HASKEL, J. The Internet of Things and economic growth in a panel of countries. **Economics of Innovation and New Technology**, Dez 2019.
- ESTAMPE, D. **Supply Chain Performance and Evaluation Models**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2014.
- FAWCETT, S. E.; ELLRAM, L. M.; OGDEN, J. A. **Supply Chain Management: Pearson New International Edition: From Vision to Implementation**. [S.l.]: Pearson Higher, 2013.
- FLATT, H. et al. Analysis of the Cyber-Security of industry 4.0 technologies based on RAMI 4.0 and identification of requirements. **Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) and IEEE 21st International Conference**, p. 1-4, 2016.
- FOIDL, H.; FELDERER, M. Research Challenges of Industry 4.0 for Quality Management. **Lecture Notes in Business Information Processing**, v. 245, p. 121-137, 2016.
- GAMA, K. et al. A web-based platform for scavenger hunt games using the Internet of Things. **12th Annual IEEE Consumer Communications and Networking Conference**, Las Vegas, p. 597-598, 2015.
- GANGA, G. M. D.; CARPINETTI, L. C. R. A fuzzy logic approach to supply chain performance management. **Int. J. Production Economics**, v. 134, n. 1, p. 177-187, Jul 2011.

- GAVRILOVSKA, L.; RAKOVIC, V.; ATANASOVSKI, V. Visions Towards 5G: Technical Requirements and Potential Enablers. **Wireless Pers Commun**, v. 87, p. 731-757, 2016.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6^a. ed. [S.l.]: Atlas, 1995.
- GREENGARD, S. **The Internet of Things**. Cambridge: The MIT Press, 2015.
- HADDACH, A. et al. Proposal of a Module to Measure Economic Performance of Supply Chain. **IOSR Journal of Business and Management**, v. 18, n. 6, p. 87-96, Jun 2016.
- HARIHARAN, S.; BUKKAPATNAM, S. T. S. Misplaced item search in a warehouse using an RFID-based partially observable Markov decision process (POMDP) model. **IEEE international conference on Automation science and engineering**, p. 443–448, 2009.
- HARRISON, T. P.; LEE, H. L.; NEALE, J. J. **The Practice of Supply Chain Management: Where Theory and Application Converge**. [S.l.]: Springer, 2004.
- HEERAMUM, K. Création et capitation de la valeur dans la supplychain: développement d'un outil d'aide à la décision. **CRET-LOG**, 2003.
- HO, G. T. S.; CHOY, K. L.; POON, T. C. Providing decision support functionality in warehouse management using the RFID-based fuzzy association rule mining approach. **8th International Conference on Supply Chain Management and Information Systems: Logistics Systems and Engineering**, Hong Kong, p. 6-8, Out 2010.
- HORTELANO, D. et al. From Sensor Networks to Internet of Things. Bluetooth Low Energy, a Standard for This Evolution. **Sensors**, v. 17, n. 2, p. 1-31, 2017. ISSN 372.
- HOULIHAN, J. B. International Supply Chain Management. **International Journal of Physical Distribution & Materials**, v. 15, n. 1, p. 22-38, jan 1985.
- HUANG, S. H. et al. Additive manufacturing and its societal impact: a literature review. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 67, p. 1191-1203, 2013.
- HUAWEI GCI. Powering Intelligent Connectivity with Global Collaboration. **Global Connectivity Index**, 2019. Disponível em: <https://www.huawei.com/minisite/gci/assets/files/gci_2019_whitepaper_en.pdf?v=20191217v2>. Acesso em: 10 jun 2020.
- IVANOV, D. New Drivers for Supply Chain Structural Dynamics and Resilience: Sustainability, Industry 4.0, Self-Adaptation. **Structural Dynamics and Resilience in Supply Chain Risk Management**, p. 293-313, Jan 2018.
- IVANOV, et al. A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0. **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 2, p. 386-402, Jan 2016.
- KAI, Z. et al. Cell-level Production-Logistics Synchronization for multi-variety and small-batch Production: A step toward industry 4.0. **IEEE 14th International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)**, Calabria, 2017.

- KANG, et al. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, v. 3, n. 1, p. 111-128, Jan 2016.
- KOLBERG, D.; ZÜHLKE, D. Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. **IFAC-PapersOnLine**, v. 48, n. 3, p. 1870-1875, 2015.
- KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHOTRA, M. K. **Operations Management: Processes and Value Chains**. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2007.
- KUMAR, R.; SINGH, R. K.; SHANKAR, R. Critical success factors for implementation of supply chain management in Indian small and medium enterprises and their impact on performance. **IIMB Management Review**, v. 27, n. 2, p. 92-104, Jun 2015.
- KWOK, S. K.; WU, K. W. RFID-based intra-supply chain in textile industry. **Industrial Management & Data Systems**, v. 109, n. 9, p. 1166-1178, Out 2009.
- LI, Z. et al. IoT-based tracking and tracing platform for prepackaged food supply chain. **Industrial Management & Data Systems**, v. 117, n. 9, p. 1906-1915, Out 2017.
- LIU, ; XU,. Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis. **International Manufacturing Science and Engineering Conference**, Virginia, n. 11, Jun 2016.
- LIU, H. et al. An RFID and sensor technology-based warehouse center: assessment of new model on a superstore in China. **Assembly Automation**, 2019.
- LIU, Y.; XU, X. Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis. **Journal of Manufacturing Science and Engineering**, jun 2016.
- LOM, ; PŘIBYL, ; SVÍTEK,. Industry 4.0 as a Part of Smart Cities. **Smart Cities Symposium Prague**, Mai 2016.
- LUONG, N. C. et al. Data Collection and Wireless Communication in Internet of Things (IoT) Using Economic Analysis and Pricing Models: A Survey. **IEEE Communications Surveys**, v. 18, n. 4, p. 25462590, 2016.
- MAJEED, M. A. A.; RUPASINGHE, T. D. Internet of Things (IoT) Embedded Future Supply Chains for Industry 4.0: An Assessment from an ERP-based Fashion Apparel and Footwear Industry. **International Journal of Supply Chain Management**, v. 6, n. 1, p. 25-40, 2017.
- MANAVALAN, E.; JAYAKRISHNA, K. A review of Internet of Things (IoT) embedded Sustainable Supply Chain for Industry 4.0 requirements. **Computers & Industrial Engineering**, nov 2018.
- MANYIKA, J. et al. The Internet of things: Mapping the value beyond the hype. **McKinsey&Company**, São Francisco, p. 1-144, Jun 2015.
- MISHRA, D. et al. Vision, applications and future challenges of Internet of Things: A bibliometric study of the recent literature. **Industrial Management & Data Systems**, v. 116, n. 7, p. 1331-1355, Ago 2016.
- NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design: A literature review and research agenda. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 4, p. 80-116, Abr 1995.

- NIESEN, T. et al. Towards an Integrative Big Data Analysis Framework for Data-Driven Risk Management in Industry 4.0. **49th Hawaii International Conference on System Sciences**, p. 5065-5074, 2016.
- OLIVER, R.; WEBBER, M. D. Supply-Chain Management: Logistics Catches up with Strategy. **Chapman & Hall**, Londres, p. 63-75, 1982.
- PAELKE, V. Augmented reality in the smart factory: Supporting workers in an industry 4.0 environment. **Proceedings of the 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA)**, Barcelona, Set 2014.
- PAHLAVAN, K. et al. Handoff in Hybrid Mubile Data Networks. **IEEE Personal Communications**, v. 7, n. 2, p. 34-47, 2000.
- PARKER, C. Performance management. **Work Study**, v. 49, n. 2, p. 63-66, 2000.
- PATTON,. Practice and Research in Career Counseling and Development. **The Career Development Quarterly**, v. 58, n. 2, p. 118-161, 2009.
- PATTON, M. Q. **Qualitative evaluation and research methods**. 2^a. ed. Beverly Hills: Sage, 1990.
- RADZIWON, A. et al. The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions. **Procedia Engineering**, v. 69, p. 1184-1190, 2014.
- RAZZAK, F. Spamming the Internet of Things: A Possibility and its probable Solution. **Procedia Computer Science**, v. 10, p. 658-665, 2012.
- REZAEI, M.; AKBARPOUR, M.; KARIMI, B. IoT-based framework for performance measurement: a real-time supply chain decision alignment. **Industrial Management & Data Systems**, v. 117, n. 4, p. 688-712, 2017.
- SADEGHI, A.-R.; WACHSMANN, C.; WAIDNER, M. Security and Privacy Challenges in Industrial Internet of Things. **Design Automation Conference (DAC), 52nd ACM/EDAC/IEEE**, p. 1-6, 2015.
- SATOGLU, S. et al. Lean Production Systems for Industry 4.0. **Industry 4.0: Managing The Digital Transformation**, p. 43-59, Set 2017.
- SCHUMACHER, A.; EROL, S.; SIHN, W. A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. **Procedia CIRP**, Vienna, v. 52, p. 161-166, 2016.
- SEBASTIAN, S.; RAY, P. P. Development of IoT Invasive Architecture for Complying with Health of Home. **Proc International Conference on**, Shillong, p. 79-83, 2015.
- SHAO, W.; LI, L. Analysis of the Development Route of IoT in China. **Perking: China Science and Technology Information**, n. 24, p. 330-331, 2019.
- SHAW, S.; GRANT, D. B.; MANGAN, J. Developing environmental supply chain performance measures. **Benchmarking An International Journal**, v. 17, n. 3, p. 320-339, Jun 2010.
- SHEPHERD, C.; GÜNTER, H. Measuring supply chain performance: current research and future directions. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 55, n. 3/4, p. 242-258, 2006.

- SHROUF, ; ORDIERES, ; MIRAGLIOTTA,. Smart Factories in Industry 4.0: A Review of the Concept and of Energy Management Approached in Production Based on the Internet of Things Paradigm. **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, p. 697-701, Dez 2014.
- SIEMIENIUCH, C. ; SINCLAIR, A.; HENSHAW, M.. Global drivers, sustainable manufacturing and systems ergonomics. **Applied Ergonomics**, v. 51, p. 104-119, nov 2015.
- SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. **Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Cases studies**. Nova Iorque: Mc Graw Hill, 2008.
- SINAGA, O.; SAUDI, M. H. M.; ROESPINOEDJI, D. THE RELATIONSHIP BETWEEN ECONOMIC INDICATORS, GROSS DOMESTIC PRODUCT (GDP) AND SUPPLY CHAIN PERFORMANCE. **POLISH JOURNAL OF MANAGEMENT STUDIES**, v. 18, n. 1, p. 338-352, Set 2018.
- SINGH, P. Internet of Things (IoT): A Literature Review. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, v. 3, n. 12, p. 943-949, Dez 2016.
- STAHEL, W. R. **The Performance Economy**. 2. ed. [S.l.]: Palgrave Macmillan, 2010.
- STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 40, p. 536-541, 2016.
- SWEENEY, E. **Perspectives on Supply Chain Management and Logistics: Creating Competitive Organisations in the 21st Century** Hardcover. Dublin: Blackhall Publishing, 2007.
- TAN, K.-C.; KANNAN, V. ; HANDFIELD,. Supply Chain Management: Supplier Performance and Firm Performance. **International Journal of Purchasing and Material**, v. 34, n. 3, p. 2-9, 1998.
- TERRADA, L. et al. IoT contribution in Supply Chain Management for Enhancing Performance Indicators. **Conference: 2018 International Conference on Electronics**, Dez 2018.
- THOBEN, K.-D.; WIESNER, ; WUEST,. "Industrie 4.0" and Smart Manufacturing – A Review of Research Issues and Application Examples. **International Journal of Automation Technology**, v. 11, n. 1, p. 4-19, Jan 2017.
- VERMESAN, O.; FRIESS, P. **Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems**. [S.l.]: River Publishers, 2013.
- WAN, et al. Software-Defined Industrial Internet of Things in the Context of Industry 4.0. **IEEE Sensors Journal**, v. 16, n. 20, p. 7373-7380, Out 2016.
- WANG, S. et al. Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 12, n. 1, p. 1-10, Jan 2016.
- WANG, Y. **Fashion Supply Chain and Logistics Management**. [S.l.]: Routledge, 2018.
- WISNER, J. D.; TAN, K.-C.; LEONG, G. K. **Principles of Supply Chain Management: A Balanced Approach**. 4. ed. [S.l.]: engage Learning, 2015.

- WOLLSCHLAEGER, ; SAUTER, ; JASPERNEITE,. The Future of Industrial Communication: Automation Networks in the Era of the Internet of Things and Industry 4.0. **IEEE Industrial Electronics Magazine**, v. 11, n. 1, p. 17-27, Mar 2017.
- WOOD, D. et al. The implementation of a PDR 3D-guided gynaecological brachytherapy service in a UK centre. **Journal of Radiotherapy in Practice**, Manchester, v. 13, n. 3, p. 322-331, Set 2014.
- XU, L. D.; HE, W.; LI, S. Internet of Things in Industries: A Survey. **Industrial Informatics, IEEE Transactions on**, v. 10, n. 4, p. 2233-2243, 2014.
- YAN, R. Optimization approach for increasing revenue of perishable product supply chain with the Internet of Things. **Industrial Management & Data Systems**, v. 117, n. 4, p. 729-741, Mar 2017.
- YIN, R. K. Case study research: Design and methods. **Book Reviews**, v. 14, n. 1, 2009.
- YUE, X. et al. Cloud-assisted industrial cyber-physical systems: An insight. **Microprocessors and Microsystems**, v. 39, n. 8, p. 1262-1270, 2015.
- ZAILANI, S. et al. Sustainable supply chain management (SSCM) in Malaysia: A survey. **International Journal of Production Economics**, v. 140, n. 1, p. 330-340, Feb 2012.
- ZHANG, H.; OKOROAFU, S. C. Third-Party Logistics (3PL) and Supply Chain Performance in the Chinese Market: A Conceptual Framework. **Engineering Management Research**, v. 4, n. 1, p. 38-48, Abr 2015.
- ZHOU, K.; LIU, T.; ZHOU, L. Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges, Zhangjiajie, p. 2147-2152, Jan 2015.
- ZHOU, M. et al. Guest Editorial Special Section on Advances and Applications of Internet of Things for Smart Automated Systems. **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, v. 13, n. 3, p. 1225-1229, Jul 2016.