

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

MARIANA SANCHEZ CHESSIO

**MODELO DE RASTREABILIDADE DAS OPERAÇÕES DE TRANSPORTE
APLICADO A UM GRUPO DE EMPRESAS METALÚRGICAS LOCALIZADAS NO
SUL DO BRASIL**

BENTO GONÇALVES

2019

MARIANA SANCHEZ CHESSIO

**MODELO DE RASTREABILIDADE DAS OPERAÇÕES DE TRANSPORTE
APLICADO A UM GRUPO DE EMPRESAS METALÚRGICAS LOCALIZADAS NO
SUL DO BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Bergmann
Borges Vieira

BENTO GONÇALVES

2019

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

C524m Chessio, Mariana Sanchez

Modelo de rastreabilidade das operações de transporte aplicado a um grupo de empresas metalúrgicas localizadas no sul do Brasil / Mariana Sanchez Chessio. – 2019.

82 f. : il. ; 30 cm

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

Orientação: Guilherme Bergmann Borges Vieira.

1. Transporte de mercadorias. 2. Rastreabilidade. 3. Logística empresarial. 4. Tecnologia. I. Vieira, Guilherme Bergmann Borges, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 658.788

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Paula Fernanda Fedatto Leal - CRB 10/2291

MARIANA SANCHEZ CHESSIO

**MODELO DE RASTREABILIDADE DAS OPERAÇÕES DE TRANSPORTE
APLICADO A UM GRUPO DE EMPRESAS METALÚRGICAS LOCALIZADAS NO
SUL DO BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul.

Bento Gonçalves, 17 de dezembro de 2019.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Guilherme Bergmann Borges Vieira (orientador)
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Rafael Mozart da Silva
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Roberto Birch Gonçalves
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Gabriel Vidor
Universidade de Caxias do Sul

*“No que diz respeito ao empenho,
ao compromisso ao esforço, à
dedicação, não existe meio termo.
Ou você faz uma coisa bem-feita ou
não faz.” (Ayrton Senna)*

AGRADECIMENTOS

Início agradecendo a Deus por permitir que eu tivesse saúde, coragem e perseverança para realizar mais este desafio na minha vida acadêmica e profissional, e poder concluir o mestrado.

Ao meu esposo, que foi com certeza o grande incentivador deste ciclo acadêmico e que me fez perceber o quanto este mestrado agregaria na minha carreira e na minha pessoa.

Aos meus pais, que sempre me mostraram o quão importante é a educação e o estudo para a evolução das pessoas.

Às empresas Randon pelo apoio durante a realização do Mestrado e pela oportunidade de aplicação do projeto. A meus colegas de trabalho pela ajuda e incentivo durante a jornada do mestrado, na realização dos trabalhos durante o programa de mestrado e, principalmente, nesta dissertação. Posso dizer que, mais do que colegas, somos uma equipe.

Aos professores do Mestrado que, cada um do seu jeito, auxiliaram na construção de meu conhecimento. Em especial ao professor orientador, Dr. Guilherme Bergmann Borges Vieira, que não mediu esforços para contribuir com seu conhecimento na realização da dissertação.

RESUMO

Nos últimos anos tem crescido significativamente a utilização de sistemas e aplicativos para atender a diferentes demandas da cadeia de suprimentos, como planejamento de compras, suprimentos, sistemas de otimização de cargas, roteirização e entrega, entre outras. Para cada uma dessas demandas, existem diversas soluções e plataformas disponíveis. Inserida nesse contexto, a presente dissertação teve como objetivo propor um modelo de rastreabilidade das operações de transporte aplicável a um conglomerado de empresas metalúrgicas localizadas em Caxias do Sul. Para tanto, primeiramente foi realizada uma revisão sistemática da literatura sobre rastreabilidade, visando identificar modelos e tecnologias que pudessem ser aplicados ou adaptados ao caso em estudo. A partir dos resultados dessa revisão da literatura e considerando os objetivos da dissertação, foi realizada uma pesquisa-ação nas empresas estudadas, a qual envolveu a proposição de um modelo de rastreabilidade das operações de transporte, a sua efetiva implementação e a aferição dos resultados gerados às empresas. Com a operacionalização do modelo proposto, estima-se que as empresas estudadas obtenham uma significativa melhora de seu nível de serviço aos clientes, bem como uma redução de seus custos logísticos.

Palavras-chave: Rastreabilidade, operações de transporte, tecnologia, indústria automotiva, proposição de modelo.

ABSTRACT

Over the last few years, the use of softwares and apps to meet several demands of the supply chain, such as material requirement planning, purchasing planning, and logistics optimization, among others, has had a remarkable growth. For each of these demands, a wide range of solutions and platforms is available. Within such context, this dissertation aimed at proposing a way to track transport operations applicable to a conglomerate of Metalwork Companies based in Caxias do Sul. Having that in mind, initially a systematic revision of literature on traceability aiming at identifying models and technologies that could be applied or adjusted to the present study was performed. Taking into consideration the results of such revision and the goals of the dissertation, an action research was carried out in the companies' conglomerate involved. It consisted of the proposition of a transport operations traceability model, its effective implementation, and the assessment of its outcomes. Given the operationalization of the proposed model, it is predicted that the companies will achieve a significant improvement to the level of services provided to their clients, as well as logistics costs reduction.

Keywords: Traceability, transport operations, technology, automotive industry, model proposition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Número de unidades empresarias por estado da federação em 2014.....	19
Figura 2 - Indústria 4.0 e a <i>Smart Factory</i>	27
Figura 3 - Pilares tecnológicos da Indústria 4.0.....	28
Figura 4 - Subsistemas logísticos e níveis da logística 4.0.....	33
Figura 5- Procedimentos da revisão sistemática.....	37
Figura 6- Quantidade de artigos publicados por ano no período em análise.....	38
Figura 7- Quantidade de publicações por periódicos.....	38
Figura 8- Afiliações dos autores.....	39
Figura 9- Países das publicações.....	40
Figura 10- Imagem global das publicações por países.....	40
Figura 11- Fases de pesquisa-ação.....	43
Figura 12- Fases do Projeto.....	47
Figura 13- Status dos subsistemas logísticos e níveis da logística 4.0.....	52
Figura 14- Estrutura das empresas ERP.....	53
Figura 15- Aplicativo desenvolvido – <i>Alltracking</i>	54
Figura 16- Data da entrega.....	55
Figura 17- Mapa de entrega.....	56
Figura 18- Status dos subsistemas logísticos e níveis da logística 4.0 pós implementação.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Etapas de um relatório de pesquisa-ação.....	44
Quadro 2- Relação entre o modelo de Tripp (2005) e a estrutura da presente dissertação.....	45
Quadro 3- Resultados esperados x Situação atual.....	49
Quadro 4- Nivel de maturidade logistica encontrado.....	51
Quadro 5- Cronograma do Projeto.....	59
Quadro 6- Indicadores logísticos atuais.....	60
Quadro 7- Melhoria esperada x Indicador.....	61
Quadro 8- Indicadores pós implementação.....	63
Quadro 9- Nivel de maturidade logistica encontrado.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Perfil da indústria de autopeças no Brasil em 2015 (em%).....	18
Tabela 2 – Principais setores do Estado do Rio Grande do Sul.....	18
Tabela 3 – Ranking dos setores mais automatizados.....	20
Tabela 4 – Quantidade de artigos por setor.....	39
Tabela 5 – Multas por atraso de entrega.....	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i> conjunto de rotinas e padrões de programação para acesso a um aplicativo de software ou plataforma baseada na Web
APPs	<i>Application</i> , aplicativos eletrônicos
BI	<i>Business Intelligence</i> , método de inteligência de negócios
BBP	<i>Business Blueprint</i> , reunião para identificar, mapear e detalhar o processo
B2B	<i>Business to Business</i> , transações comerciais entre empresas
B2C	<i>Business to Commerce</i> , transações comerciais com cliente
EDI	<i>Electronic Data Interchange</i> , troca eletrônica de dados
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> , planejamento de recursos da empresa
GPS	<i>Global Positioning System</i> , sistema de posicionamento global
GPRS	<i>General Packet Radio Services</i> , serviços gerais de pacote por rádio
JSON	Notação de objetos do javascript
KPI	<i>Key Performance Indicator</i> , indicador-chave de desempenho
IOT	<i>Internet of Things</i> , internet das coisas
OEM	Fabricante original do equipamento
PIB	<i>Produto Interno Bruto</i>
QR CODE	<i>Quick Response Code</i> , código de resposta rápida
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i> , identificação por rádio frequência
SAP	Software de gestão empresarial do tipo ERP
SMS	<i>Short Message Service</i> , serviços de mensagens curtas
TAG	<i>Etiqueta</i>
UF	Unidade Federativa
XML	Linguagem extensível de marcação genérica
3D	Formato tridimensional, com profundidade ou a ilusão de profundidade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	17
1.2 JUSTIFICATIVA.....	22
1.3 QUESTÃO DE PESQUISA.....	24
1.4 OBJETIVOS.....	24
1.4.1 Objetivo Geral.....	24
1.4.2 Objetivos específicos.....	24
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	26
2.1 CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0 APLICADOS À LOGÍSTICA.....	26
2.1.1 Definição da indústria 4.0.....	27
2.1.2 Tecnologias da indústria 4.0.....	28
2.1.3 Definição de logística 4.0.....	30
2.1.4 Tecnologias da logística 4.0.....	31
2.2 MODELO DE MATURIDADE NA LOGÍSTICA 4.0.....	32
2.3 RASTREABILIDADE NO TRANSPORTE.....	33
2.3.1 Benefícios da rastreabilidade.....	34
2.4 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE RASTREABILIDADE NO TRANSPORTE.....	35
2.4.1 Aspectos bibliométricos.....	37
2.4.2 Aspectos de conteúdo.....	41
3. MÉTODO.....	43
3.1 MÉTODO DE PESQUISA.....	43
3.2 MÉTODO DO TRABALHO.....	45
3.2.1 Situação encontrada quanto à maturidade logística.....	45
3.2.2 Planejamento.....	46
3.2.3 Implementação.....	46
3.2.4 Monitoramento.....	48
3.2.5 Avaliação.....	48

4. RESULTADOS.....	49
4.1 SITUAÇÃO ENCONTRADA PRÉVIA À IMPLMNTAÇÃO.....	49
4.2 PLANEJAMAENTO.....	52
4.3 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE RASTREABILIDADE.....	53
4.3.1 Descrição geral do modelo.....	53
4.4 MONITORAMENTO.....	58
4.4.1 Status atual da implementação.....	59
4.5 AVALIAÇÃO.....	60
4.5.1 Avaliação da maturidade da logística 4.0 após a implementação do modelo.....	65
5. CONCLUSÕES.....	67
5.1 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS.....	68
REFERÊNCIAS.....	69
APÊNDICE A – ANÁLISE DOS ARTIGOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA.....	73
APÊNDICE B – CRITÉRIOS DE INCLUSÃO DOS ARTIGOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA.....	78
APÊNDICE C – DASHBOARD DE OPERAÇÃO DE TRANSPORTE.....	80
APÊNDICE D – DASHBOARD DE QUALIDADE DE ENTREGA.....	81
APÊNDICE E – DASHBOARD FINANCEIRO.....	82
APÊNDICE F – DASHBOARD DE CONSUMO.....	83

1. INTRODUÇÃO

A definição de logística ampliou-se da gestão de transporte e armazenagem da cadeia de suprimentos, para todas as atividades que possuem relação com o fluxo de informação e movimentação dos produtos. Com isso, entende-se que logística é um processo que abrange a relação entre materiais e dados, desde a aquisição da matéria prima até a disponibilização ao consumidor final (BALLOU, 2007).

Com a integração de tecnologias no processo de logística, viabilizou-se um avanço no controle e coordenação das atividades operacionais, otimizando custos e informações, e proporcionando uma gestão mais eficiente, capaz de solucionar diferentes problemas que permeiam o sistema logístico. A aplicação de tecnologias da informação ao longo da cadeia de suprimentos permite o gerenciamento mais preciso de todo o processo, facilitando a tomada de decisões a partir da coleta de dados das ocorrências no processo logístico, possibilitando uma visão global do mesmo (BOWERSOX; CLOSS, 2009).

A capacidade de identificar e rastrear automaticamente objetos é uma necessidade do mercado atual e do dia a dia dos consumidores. Quando são realizadas compras pela internet, por exemplo, espera-se que o pacote seja entregue no *lead time* informado e são recebidas pelo destinatário informações de SMS ou e-mail com o andamento da entrega. Nas indústrias, esse panorama não é diferente: níveis de estoque cada vez menores e pressão por baixar os custos operacionais fazem com que o *lead time* das entregas na logística de suprimentos e distribuição seja um ponto-chave na programação de materiais.

O desenvolvimento de uma logística cada vez mais eficiente surge como diferencial para as empresas que desejam atuar em um alto nível no mercado. Nesse contexto, as inovações e tecnologias incorporadas ao processo tornam-se fator chave para que as empresas sejam capazes de atender às demandas de acordo com as necessidades de seus clientes (MACHADO; NANTES, 2004). Muitas são as ocorrências negativas operacionais na gestão da cadeia de suprimentos, como atraso nas entregas; dificuldade em precisar os locais exatos em que os produtos se encontram; erros de relatórios de entrega; *performance* ‘burlada’ dos fornecedores de transporte, devido à possibilidade de alterar arquivos eletrônicos; demora no repasse de informações quando ocorrem eventos indesejados no serviço logístico; informações com erros, entre outras. Essas ocorrências impedem que o planejamento seja executado com eficácia, comprometendo assim o desempenho da cadeia logística.

O processo de rastreabilidade envolve estratégias de desenvolvimento de um sistema integrado para cumprir os objetivos de apoio ao cliente durante todo o processo de fabricação

até a entrega do produto. A rastreabilidade favorece o reconhecimento das informações pertinentes de um produto ou serviço, e ainda torna documentadas e disponíveis informações como hora, data e responsável pelo recebimento do material. Dessa forma, a implementação da rastreabilidade agrega valor ao processo e maximiza a sua confiabilidade.

A rastreabilidade de serviços logísticos é um ponto básico quando se considera a perspectiva dos consumidores. Atualmente, com as tecnologias de mercado *mobile*, esse serviço passou a ser indispensável, uma vez que os clientes esperam acompanhar em tempo real o fluxo de informações logísticas. A informação ‘espelhada’ para os clientes possibilita que o próprio consumidor se abasteça das informações, resultando em uma maior satisfação e facilitando o serviço de atendimento ao cliente.

De acordo com Monostori et al. (2009), as soluções de rastreabilidade requerem esforços técnicos e financeiros consideráveis, bem como a mudança de paradigma dos tomadores de decisão. Os autores ainda ressaltam que, nos últimos anos, tem-se observado a penetração de sistemas de rastreabilidade na indústria como resultado de um maior nível de maturidade das tecnologias, associado a uma crescente demanda por transparência nos processos de gestão da cadeia de suprimentos.

Dado esse contexto, a presente dissertação tem como tema a rastreabilidade das operações de transporte em um grupo de empresas metalúrgicas que fazem parte de um conglomerado de empresas, localizadas no sul do Brasil. O trabalho está dividido em cinco capítulos. O Capítulo 1 apresenta a introdução ao assunto; a contextualização, abordando os avanços da área rastreabilidade em transporte e a situação atual da empresa estudada; a justificativa do estudo; a definição da questão de pesquisa e os objetivos geral e específicos.

Já no Capítulo 2 é apresentado o referencial teórico que embasou o estudo. Primeiramente, são contemplados os principais conceitos sobre rastreabilidade no transporte, sendo detalhadas as motivações e benefícios de seu uso, bem como as principais dificuldades de implementação existentes. Em seguida, é apresentada uma revisão sistemática da literatura sobre rastreabilidade no transporte, sendo avaliados estudos publicados entre 2009 e 2018 na base científica Science Direct. Com essa revisão, procurou-se analisar aspectos bibliométricos e de conteúdo dos estudos já desenvolvidos sobre o tema, identificando-se os modelos de rastreabilidade existentes e avaliando sua aplicabilidade à empresa estudada. Para tanto, buscou-se: descrever as principais características desses modelos; avaliar sua aplicabilidade, destacando suas potencialidades e limitações e conhecer as tecnologias utilizadas para coleta de dados em cada modelo identificado.

O Capítulo 3, por sua vez, contempla o método de pesquisa, apresentando a abordagem, a natureza e o tipo de pesquisa, e o método do trabalho, detalhando as etapas de desenvolvimento do trabalho e os procedimentos adotados em cada etapa. A partir da aplicação do método, os resultados esperados são descritos, analisados e discutidos no Capítulo 4. Nesse capítulo são apresentados os principais indicadores que serão monitorados e o padrão desejado após a implantação da rastreabilidade para cada um.

Por fim, no Capítulo 5, são apresentadas as conclusões obtidas a partir do trabalho desenvolvido, sendo relatados os resultados da aplicação do modelo de rastreabilidade proposto à empresa e as principais contribuições deste trabalho para a literatura de rastreabilidade no transporte. Neste capítulo também são apresentadas as implicações gerenciais do estudo, bem como suas limitações e as sugestões para estudos futuros.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a indústria brasileira ocupa o terceiro lugar no ranking de classificação das atividades econômicas do país, representando 21% do PIB nacional, 51% das exportações e 68% da pesquisa e desenvolvimento do setor privado. Para cada R\$

1,00 produzido na indústria, são gerados R\$ 2,32 na economia como um todo. Nos demais setores, o valor agregado é menor: R\$ 1,67 na agricultura e R\$ 1,51 no setor de comércio e serviços. A indústria representa 32% da arrecadação de tributos federais e 25% de arrecadação previdenciária. Avaliando os números relacionados ao emprego formal, ela representa 20%, empregando atualmente 9,4 milhões de brasileiros, dados de 2019. No quesito salários, os funcionários da indústria têm salário maiores do que a média dos brasileiros. Para trabalhadores com ensino superior completo, a diferença é de 36%, enquanto para trabalhadores com ensino médio completo essa diferença é de 14% (CNI, 2019).

O perfil da indústria brasileira é bastante heterogêneo. Com base em levantamento do Sindipeças e da Abipeças (2015), realizado com suas associadas em 2013, 27,5% das empresas faturaram mais de R\$ 150 milhões por ano e concentraram 84,4% das vendas do setor. Na outra ponta, 48% das empresas obtiveram faturamento de até R\$ 50 milhões por ano, representando apenas 5% das vendas. Cerca de 250 empresas faturam mais de R\$ 50 milhões por ano e aproximadamente 130 empresas faturam mais de R\$ 150 milhões por ano, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1– Perfil da indústria de autopeças no Brasil em 2013 (%)

Faixas de faturamento	Participação nas vendas (%)	Quantidade de empresas (%)
Até R\$ 50 milhões	4,9	47,9
Entre R\$ 50 milhões e R\$ 100 milhões	5,9	16,7
Entre R\$ 100 milhões e R\$ 150 milhões	4,8	7,9
Acima de R\$ 50 milhões	84,4	27,5

Fonte: Sindipeças (2013).

O Rio Grande do Sul possui o quarto maior PIB do Brasil, com R\$ 356 bilhões (CNI, 2019). Com 11,3 milhões de habitantes, é o 5º estado mais populoso do país. Além disso, possui um PIB industrial de R\$ 81,7 bilhões, equivalente a 6,7% da indústria nacional, e emprega 778.484 trabalhadores na indústria (CNI, 2019). A participação da indústria no PIB do estado é de 23% (CNI, 2016) e os principais setores econômicos do estado do Rio Grande do Sul estão divididos conforme a Tabela 2.

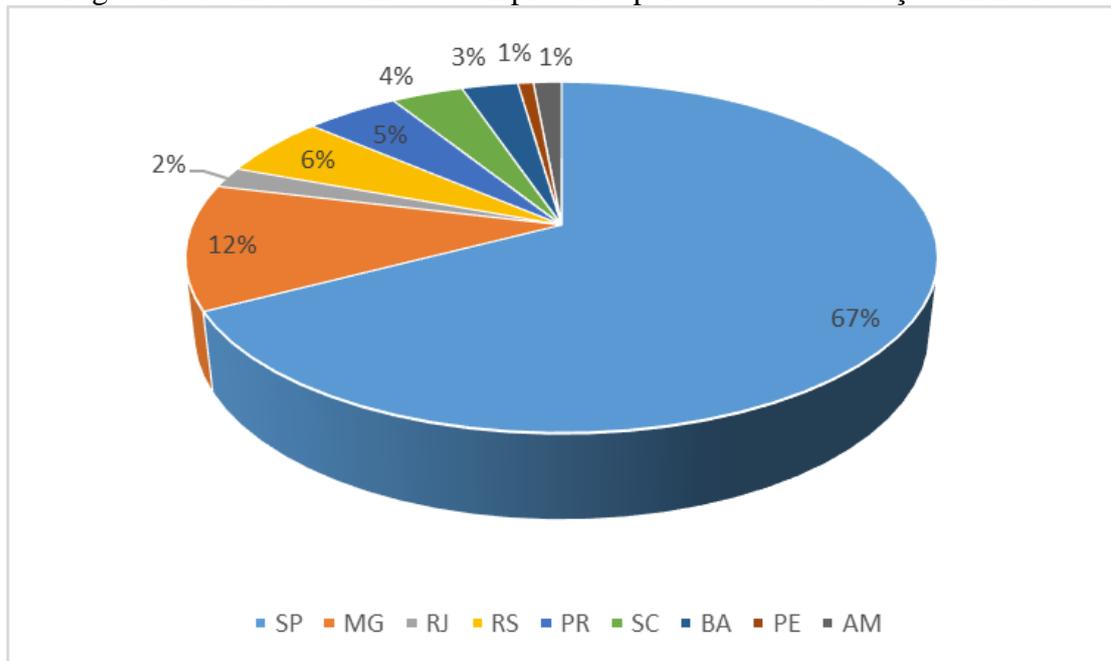
Tabela 2– Principais setores do Estado do Rio Grande do Sul

Indústria	23%
Construção	20,6%
Alimentos	14,3%
Serviços industriais de utilidade pública	8,5%
Químicos	6,5%
Máquinas e equipamentos	6,0%

Fonte: CNI (2016).

A produção de autopeças no Brasil é concentrada no estado de São Paulo. Em 2014, das 624 unidades empresariais associadas ao Sindipeças, 419 se localizavam nessa unidade da Federação, representando 67,1% do total. Quanto ao faturamento, São Paulo foi responsável por 66,8% dos R\$ 76,8 bilhões de faturamento do setor em nível nacional. Outros estados com participação relevante no faturamento são Minas Gerais (12,7%), Paraná (7,3%), Rio Grande do Sul (5,3%), Santa Catarina (2,5%), Rio de Janeiro (1,6%) e Bahia (1,6%). Os demais estados têm participação pequena ou nula. Há, portanto, grande concentração do faturamento na região Sudeste do país, 81,1%, conforme Figura 1. Além da proximidade de montadoras e de fornecedores estratégicos, da maior oferta de mão de obra qualificada e da melhor infraestrutura logística, tal fato pode ser explicado pelo interesse das empresas de se posicionarem próximas à maior parte do mercado de reposição, tendo em vista que a região representava 54,1% da frota do país em 2014 (SINDIPEÇAS, 2015).

Figura 1– Número de unidades empresarias por estado da federação em 2014



Fonte: adaptado de Sindipeças (2015).

Segundo a revista IMAM, em seu artigo *Industry 4.0* (2015), nos últimos anos cresceu exponencialmente o número de desenvolvedores de sistemas e aplicativos para atender às diferentes demandas da cadeia de suprimentos, como planejamento de compras, suprimentos, *design*, sistemas de otimização, roteirização e entrega, possuindo uma variedade de soluções. Apesar dos aplicativos conectar o mundo digital com o mundo real, contratempos vivenciados no mundo não virtual, isto é, real, também começam a ser vivenciados no plano digital da Indústria 4.0, tendo a padronização da informação e comunicação como um de seus principais desafios.

Pesquisa realizada pela CNI (2016) sobre a adoção de tecnologias digitais relacionadas à era da manufatura avançada no Brasil, contou com 2225 empresas, de todos os portes, com o objetivo de identificar a adoção de dez tipos de tecnologias digitais e seu uso em diferentes estágios da cadeia industrial. Os resultados apontam que a maior parte das empresas nacionais faz uso de tecnologias na fase de processos industriais: 63% delas afirmam usar pelo menos uma tecnologia digital na etapa de processos; outras 47% utilizam na fase de desenvolvimento da cadeia produtiva; e apenas 33% usam em novos produtos e negócios. O estudo demonstrou que a digitalização é o primeiro passo para a indústria entrar na era 4.0, propiciando aumento da produtividade, redução de custos de manutenção de equipamentos e de consumo de energia, bem como aumento da eficiência do trabalho. Ainda que o Brasil esteja caminhando para o

desenvolvimento e a utilização dessas tecnologias, é possível observar uma automação cada vez mais presente em alguns setores da indústria, conforme apresenta a Tabela 3.

Tabela 3– Ranking dos setores mais automatizados

Setor	%
Equipamentos informática e produtos eletrônicos	61
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	60
Coque derivados do petróleo e biocombustível	53
Máquinas e equipamentos	53
Metalurgia	51
Produtos de material plástico	49
Produtos diversos	49
Produtos Têxteis	47
Veículos Automotores	46
Químicos	45
Vestuário e acessórios	29
Calçados e suas partes	29
Minerais não metálicos	28
Farmoquímicos e farmacêuticos	27
Outros equipamentos e transporte	25
Manutenção, reparação de máquinas e equipamentos	25

Fonte: CNI (2019).

O presente estudo desenvolve-se nas empresas produtivas pertencentes a um conglomerado de empresas do setor metalomecânico, com matriz situada em Caxias do Sul, o qual foi fundado em 1949. O grupo atualmente produz um amplo portfólio de produtos do segmento de veículos comerciais correlacionados com o transporte de cargas, seja rodoviário, ferroviário, ou fora de estrada. Destacam-se os seguintes aspectos relacionados ao perfil competitivo do grupo: está entre os maiores grupos de empresas privadas brasileiras; situa-se entre os maiores fabricantes mundiais de veículos rebocados (reboques e semirreboques), vigas de eixos para veículos comerciais pesados e material de fricção, ocupando posição de liderança mundial na construção de veículos rebocados (reboque e semirreboques), freios para veículos comerciais pesados, sistemas de articulação e acoplamento, e caminhões fora de estrada de até 35 toneladas; possui marcas de referência global; aplica tecnologia avançada e inovadora em seus processos produtivos, tais como *digital twin*, simulação em ambiente virtual de um processo para posterior análise; *Manufacturing Execution System* (MES), utilizado para coletar dados do chão de fábrica e trocar informações com o ERP da empresa; sistema de visão computacional, utilizado para capturar imagens e analisar comparativos com banco de dados; e manufatura aditiva, com processo de manufatura por deposição de material (impressora 3D); possui parque industrial moderno e de alta escala produtiva; apresenta alto grau de sinergia

entre as empresas pertencentes ao grupo; exporta para mais de 100 países; e possui parceiros estratégicos de classe mundial.

O grupo conta com mais de dez empresas, incluindo empresas produtivas de semirreboques e autopeças, e empresas de serviços como banco e consórcios. O estudo em questão envolve as empresas produtivas, as quais são descritas a seguir:

- a) empresa A - Fabricante de reboques e semirreboques, s nas modalidades graneleiros, carga seca, tanques, basculantes, silos, frigoríficos, canavieiros, florestais, vagões, entre outros;
- b) empresa B – Produz sistemas de suspensões e componentes, criada através de uma *joint-venture* com uma empresa americana;
- c) empresa C - Fabricante do segmento de materiais de fricção;
- d) empresa D - Produz freios a ar para veículos comerciais;
- e) empresa E – Produz e comercializa tecnologia para acoplamentos de veículos comerciais articulados;
- f) empresa F – Produz componentes para freios hidráulicos;
- g) empresa G – Produz pastilhas de freio.

As empresas do grupo estudado possuem uma alta complexidade em sua malha logística, com operações de abastecimento, distribuição, transferências entre plantas, exportação, importação, entre outras. O alto volume de documentos envolvidos e as precificações com diferentes particularidades também fazem com que a conta fretes seja expressiva para a organização. Atualmente, as empresas trabalham com mais de 15 fornecedores de transporte para compor uma malha de mais de 3.000 rotas, 15.000 tarifas de fretes com gatilhos diferenciados, exigências de veículos especiais para carregamentos de projetos especiais, isso tudo distribuído em todo o território nacional.

Dado esse cenário, as empresas realizaram um estudo durante o ano de 2016 e identificaram a necessidade de implantação de uma Torre de Controle de Fretes, que tem como objetivo primário agilizar o processo de tomada de decisão em transportes, fornecendo à equipe operacional informações de forma rápida, objetiva e em tempo real, integrando os três níveis de decisão: operacional, tático e estratégico. Para o projeto de implantação da Torre de Controle de Fretes foram definidos os objetivos de reduzir custos operacionais, proporcionar a sinergia entre as operações e realizar a governança na conta fretes. Essa área foi implementada em 2017, tendo em seu escopo de atuação o gerenciamento da conta fretes para todas as empresas do grupo situadas no território nacional. Durante os dois primeiros anos de atuação da área, o foco foi regularizar problemas de governança com os fornecedores de transporte como atrasos de pagamentos devido a morosidade dos lançamentos fiscais, pagamentos duplicados e obter reduções de custo de frete, chegando a 9% no primeiro ano e 5% no segundo.

Com os problemas de governança resolvidos, percebeu-se a carência de informações da operação de transporte enquanto ela está acontecendo: atualmente, empresa possui o controle somente até o momento que o veículo sai de sua portaria. Em função disso, a defasagem temporal entre uma ocorrência operacional e a informação relativa a essa ocorrência é de horas ou até mesmo dias. Como consequência, muitas vezes, quando a empresa toma conhecimento de uma ocorrência operacional, já não há tempo hábil para tomar ações para solucioná-la ou mesmo reduzir seus impactos. Além disso, não é possível monitorar a *performance* de atendimento das transportadoras contratadas, e tampouco o histórico de atendimento de entregas em clientes ou oriundas de fornecedores. Com essa carência de informações, chega-se ao tema da presente dissertação: a rastreabilidade das operações de transporte em um grupo de empresas metalúrgicas localizadas no sul do Brasil.

1.2 JUSTIFICATIVA

Zeng, Phan e Matsui (2013) sugerem que, para trabalhar a qualidade da cadeia de abastecimento, é necessária a implementação efetiva de um sistema de gestão entre os membros de toda a cadeia. Segundo os autores, os gestores devem olhar além das próprias organizações, pois assim podem encontrar benefícios através da colaboração, conexão e comunicação.

Atualmente, fabricantes, provedores de logística, distribuidores e varejistas têm enfrentado uma série de desafios, entre os quais podem ser citados: as altas e baixas dos preços do barril de petróleo; a necessidade de se trabalhar com estoque reduzido, mantendo-se altos níveis de serviço; a existência de uma cadeia de suprimentos cada vez mais extensa e complexa, exigindo uma planejamento de produção mais ajustado, um melhor monitoramento da produção e uma programação logística mais eficiente em toda a cadeia; as expectativas mais altas do que nunca dos consumidores por qualidade e segurança; a demanda aumentada de órgãos reguladores para responder rápida e eficientemente a quaisquer questões a respeito de qualquer ingrediente de qualquer produto; e a necessidade de se ter uma resposta quase que imediata aos eventos que acontecem, devido ao contexto atual de alta tecnologia e conexão. Para fazer frente a esses desafios, empresas de diferentes setores têm se preocupado cada vez mais em integrar suas atividades e informações, com vistas a possibilitar o acesso constante à informação crítica do produto em suas diferentes operações na cadeia de suprimento (ÇEMBERI et al., 2015).

A automação dos processos de fabricação e o uso de novas tecnologias para a captura e o armazenamento de informações torna possível a rastreabilidade dos produtos, exigência já comum em diferentes cadeias produtivas, em alguns sistemas de gestão da qualidade e em

regulamentações de órgãos fiscalizadores (PINTO, 2016). Moe (1998) afirma que a implementação de um sistema de rastreabilidade permite aumentar o controle do processo, identificar relações de causa e efeito, reduzir custos com *recall* e facilitar a recuperação de informações. O autor ressalta ainda que, do ponto de vista da qualidade, a rastreabilidade permite também uma melhor alocação das responsabilidades e papéis em cada etapa do processo.

A visibilidade da operação de transporte tornou-se fundamental, com inúmeras tecnologias disponíveis, tais como GPS (sistema de posicionamento global), GPRS (serviços gerais de pacote por rádio) e sistemas de telemetria, sendo possível obter informações dos veículos em rota e trabalhá-las em tempo real, auxiliando na decisão preventiva ou corretiva de forma imediata e evitando efeitos indesejáveis e retrabalho logístico. De acordo com Pizuti et al. (2015), as vantagens que podem ser alcançadas através da implantação de um sistema de rastreabilidade dizem respeito tanto à organização interna quanto a aspectos relacionados ao gerenciamento da cadeia de suprimentos, como melhorias na gestão da cadeia; diferenciação de produtos e agregação de valor por meio de garantia em qualidade e segurança; e facilidade de identificar produtos não conformes.

Para o grupo de empresas estudadas não é diferente. A implementação da rastreabilidade poderá trazer uma série de benefícios, como: a mensuração da eficiência dos fornecedores de transporte; a visibilidade da cadeia de suprimentos; a redução do tempo de atendimento; e a disponibilização de informações do processo de transporte aos clientes internos e externos. Com isso, poderão ser minimizados alguns problemas existentes atualmente, tais como a incerteza das posições das cargas que estão em trânsito; informações equivocadas repassadas para os clientes; e dificuldades de acesso a informações referentes às mercadorias que estão em trânsito.

O presente estudo busca também contribuir academicamente na área de rastreabilidade nas operações de transporte, tema ainda pouco abordado na literatura. Conforme revisão sistemática da literatura sobre rastreabilidade, a qual teve como objetivo analisar a evolução dos estudos sobre o tema publicados na base de dados Science Direct no período de 2009 a 2018, não foram identificados artigos que apliquem a rastreabilidade no serviço de transporte, porém foram avaliados artigos que consideram a rastreabilidade em toda a cadeia produtiva do material, incluindo assim o transporte, conforme detalhado no capítulo 2 da presente dissertação.

De acordo com Wanke (2004), a tecnologia de informação está associada à abrangência de utilização de *softwares* e demais tecnologias de apoio para a tomada de decisão em diferentes atividades logísticas. A tecnologia de informação viabiliza a coleta, análise e transmissão de grandes quantidades de informações operacionais e gerenciais de forma precisa e em tempo hábil, permitindo maior agilidade no processo decisório.

O transporte rodoviário é o mais expressivo no território brasileiro, desde a década de 50 com implantação da indústria automobilística e a pavimentação das rodovias, sendo hoje o mais procurado entre os embarcadores. Por combinar de atendimento porta a porta e flexibilidade de abrangência geográfica. Conforme Ferreira e Ribeiro (2002), na relação transporte e serviço ao cliente, o primeiro é extremamente influente no desempenho do segundo, devido às exigências de pontualidade do serviço, tempo de viagem, capacidade de prover um serviço porta a porta, à flexibilidade para o manuseio de vários tipos de cargas, gerenciamento dos riscos quanto a roubos, danos e avarias e à capacidade de o transportador oferecer mais que um serviço básico de transporte, tornando-se capaz de executar outras funções logísticas. Desta forma demonstra-se a importância de explorarmos a lacuna presente nos estudos de rastreabilidade no serviço logístico, pois este afeta diretamente o desempenho do embarcador perante o seu cliente.

1.3 QUESTÃO DE PESQUISA

Consideradas a contextualização e a justificativa apresentadas anteriormente, este trabalho busca responder à seguinte questão de pesquisa: Como implementar um modelo de rastreabilidade nas operações de transporte das empresas de manufatura pertencentes a um conglomerado de empresas metalúrgicas localizadas em Caxias do Sul, aumentando a maturidade logística dessas empresas?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Propor um modelo de rastreabilidade das operações de transporte aplicável às empresas de manufatura de um conglomerado de empresas metalúrgicas localizadas em Caxias do Sul.

1.4.2 Objetivos específicos

Para o atendimento do objetivo geral definido para o estudo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- a) identificar os principais modelos de rastreabilidade existentes na literatura, identificando suas contribuições, limitações e aplicabilidade;
- b) definir um modelo de rastreabilidade aplicável ao grupo de empresas estudadas, detalhando sua lógica de funcionamento e sua forma de implementação;
- c) aplicar o modelo proposto às empresas, analisando os resultados obtidos e as dificuldades encontradas;
- d) avaliar o nível de maturidade logística nas empresas antes e após a implementação do modelo proposto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentados conceitos e definições necessários ao desenvolvimento do trabalho. Primeiramente são desenvolvidos os conceitos de indústria 4.0 e logística 4.0, bem como as tecnologias aplicadas a cada um dos temas. Em seguida, são apresentados e discutidos os conceitos de rastreabilidade no transporte, tecnologias aplicadas à área de logística e benefícios da rastreabilidade. Por fim, encontra-se uma revisão sistemática da literatura que busca contribuir para a definição e posterior implementação do modelo de rastreabilidade de transporte no grupo de empresas estudado.

2.1 CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0 APLICADOS À LOGÍSTICA

A inovação em logística não está associada exclusivamente à aplicação de modernas soluções em TI. Soluções inovadoras em logística também podem se manifestar em equipes voltadas a práticas de melhoria contínua, constante atenção à qualidade das atividades executadas, foco nas pessoas e no desenvolvimento das mesmas, e busca de melhores práticas (WITKOWSKI, 2017).

No entanto, a demanda por operações sustentáveis tem criado novos requisitos para operações de fabricação e logística (HOFMANN, 2017) e, nesse contexto, tem mudado o papel e a importância da informação. É nesse ponto que se inserem tanto a indústria 4.0 como a logística 4.0, servindo de resposta a esses novos requisitos de mercado.

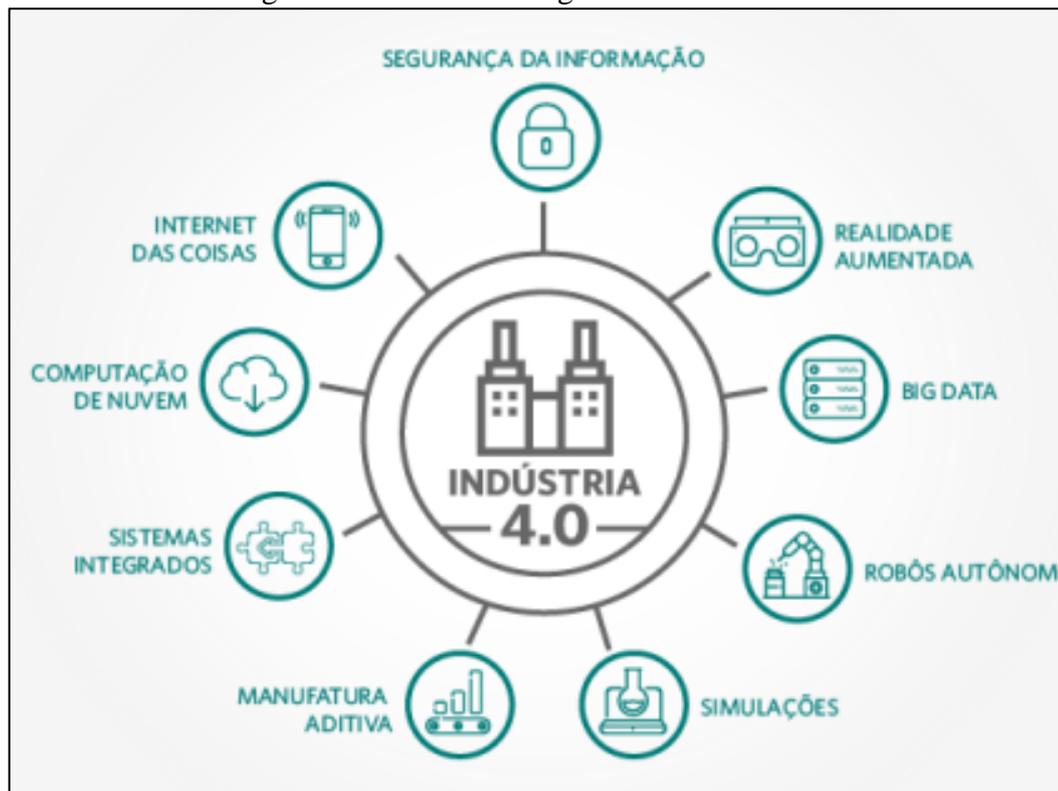
Segundo Hofmann (2017), o caminho para a logística 4.0 como um elemento da indústria 4.0 abre portas para novos negócios. Entre as características que propiciam o desenvolvimento de novos negócios no contexto da logística 4.0 podem ser citadas a troca instantânea de informações, soluções automatizadas para coleta de informações e análise de dados em tempo real para possibilitar que dados sejam transformados em informações, e assim auxiliando na tomada de decisões.

Nesta seção, será apresentado a definição de indústria 4.0, tecnologias utilizadas neste novo conceito, bem como definição e tecnologias que são aplicadas na logística 4.0. Também será mostrado modelos de maturidade para logística 4.0, e rastreabilidade no serviço de transporte.

2.1.2 Tecnologias da indústria 4.0

De acordo com Rüßmann et al. (2015), em relatório da empresa Boston Consulting Group (BCG), existem nove tendências tecnológicas que os autores consideram ser os blocos de construção da Indústria 4.0. Conforme os autores, essas tendências estruturam o avanço tecnológico da Indústria 4.0 e formam a base para a mesma. As indústrias já veem utilizando estes pilares na fabricação, porém eles vão transformar a produção: células isoladas e otimizadas se juntarão, tornando-se totalmente integradas, automatizadas e otimizadas no fluxo de produção, levando a maior eficiência e mudanças nas relações de produção tradicional entre fornecedores, produtores e clientes, bem como entre humanos e máquinas. A Figura 3 apresenta uma descrição dos nove pilares da Indústria 4.0, conforme relatório da BCG.

Figura 3– Pilares tecnológicos da Indústria 4.0



Fonte: Scheneider (2018).

A seguir são detalhados os nove pilares da indústria 4.0:

- a) *big data* – Nist (2015) define o termo *big data* como um enorme conjunto de dados estruturados que necessitam de análise em tempo real. O desafio da indústria 4.0 é coletar todos os dados considerados relevantes e processá-los, transformando-os

em conhecimento. Essa atividade demanda sistemas tecnologicamente evoluídos, com capacidade de processamento em tempo real e algoritmos sofisticados (COELHO, 2016);

- b) robôs autônomos - estes têm a função de suportar o trabalho de construção em aplicações entre os mais variados segmentos, não somente a indústria automotiva. Pode-se dizer que não é novidade o fato de se utilizarem robôs na indústria, porém na indústria 4.0 eles ganham habilidades adicionais, absorvendo novas capacidades para trabalhar sem um supervisor humano e sendo capazes de trabalhar de maneira automatizada e de coordenar uma série de tarefas logísticas e de produção. Além de reduzir os custos, esses robôs proporcionam um aumento na produção (OESTERREICH, TEUTEBERG 2016);
- c) simulação - a simulação permite que os processos sejam testados e avaliados no mundo virtual antes da mudança física, reduzindo assim os tempos de configuração de máquinas e aumentando a qualidade (RÜBMANN et al., 2015). Com a evolução da simulação, passou ser possível construir, em ambiente virtual, fábricas e processos de fabricação para quantificar e observar os projetos de sistemas alternativos. Nesse ambiente, os processos, produtos ou uma fábrica inteira passam a ser simulados, ou seja, existe uma cópia virtual completa da empresa (TUEGEL et al., 2011);
- d) sistemas integrados – há dois tipos de integração, a horizontal diz respeito à conexão entre a fábrica e toda a cadeia de valor, enquanto a integração vertical permite que todos os níveis da fábrica estejam conectados, do chão de fábrica até a alta gestão. Assim, é possível se ter manufatura em rede, logística adaptativa, auto organizada e uma engenharia integrada até o cliente (KAGERMANN et al., 2013);
- e) internet das coisas - envolve a combinação de dispositivos claramente identificáveis através de uma rede informática. Dessa forma, possibilita-se a coleta de dados e o seu processamento direto ou indireto. Para realizar a coleta de dados são utilizados equipamentos como *smartphones*, *tablets*, bem como aparelhos domésticos, iluminação, aquecimento e dispositivos portáteis (AZEVEDO, 2016);
- f) segurança digital - a fabricação é uma das áreas em que as ameaças cibernéticas estão se multiplicando. Quando as trocas de informações entre as empresas eram mais restritas, a segurança digital não era um problema na área fabril e as questões se limitavam a desempenho, segurança e confiabilidade. Entretanto, com as novas tendências tecnológicas e a utilização de sistemas conectados abertos, a segurança digital passou a ser um problema também para o setor industrial. Em função disso, as empresas passaram a dar maior importância ao estabelecimento de comunicações seguras e confiáveis, bem como ao gerenciamento sofisticado de identidade e acesso de máquinas e usuários (ANI et al., 2016);

- g) computação na nuvem – esse pilar trata-se da utilização de softwares sem a necessidade de instalação de programas ou armazenamento de dados locais, permitindo compartilhamento de dados entre sites e além dos limites de cada organização. Com isso, o desempenho dos softwares melhora e os mesmos podem responder mais rapidamente. Esse pilar tende a ser cada vez mais utilizado devido a sua alta velocidade e flexibilidade de compartilhamento de dados (RÜßMANN et al., 2015);
- h) manufatura aditiva - Rodrigues et al. (2017) definem a manufatura aditiva como o emprego de equipamentos capazes de fabricar objetos por meio de adição de material, camada por camada, a partir de um modelo digital tridimensional (3D). Assim, tem-se o conceito de produção por adição de material em contraste à produção por métodos convencionais, em que a peça é obtida pela retirada de material, como na usinagem;
- i) realidade aumentada – essa aplicação tende a ter seu uso ampliado no âmbito industrial, fornecendo aos trabalhadores informações em tempo real para melhorar a tomada de decisões e os procedimentos de trabalho. A principal aplicação da realidade aumentada na indústria 4.0 refere-se à orientação dos trabalhadores, uma vez que os processos de montagem manual são muito importantes na produção de hoje e as habilidades cognitivas dos humanos são necessárias para a produção de produtos individuais (FISCHER et al., 2016).

2.1.3 Definição de logística 4.0

Conforme Gonçalves (2016), o termo logístico 4.0 foi criado para relacionar o uso da indústria 4.0 na área de logística, o qual pode utilizar sistemas ciber-físicos para monitorar e controlar processos físicos, valendo-se de diferentes tecnologias. Esses sistemas utilizam de tecnologias como RFID, QR Code, entre outras, com o objetivo de identificar, sentir e localizar o objeto, e enviar os dados para um computador que consegue coletar e analisar a informação. O autor ressalta ainda que esses sistemas são capazes de se comunicar com outros sistemas e com humanos por meio da internet, resultando no compartilhamento de dados em tempo real para que os processos possam ser monitorados e controlados.

De acordo com Poli (2018), as empresas buscam otimizar a gestão da cadeia de suprimentos buscando reduzir seus custos. Analisando-se a linha do tempo da logística, observa-se a utilização de sistemas desintegrados até 1960; a busca por eficiência e integração interna na década de 70; a eficácia e o foco no cliente como objetivos na década de 80; e a

vantagem competitiva como meta na década de 90, fazendo com que as empresas buscassem maior integração entre os atores de suas cadeias de suprimento.

Ainda segundo Poli (2015), a logística 1.0 era caracterizada pelo simples transporte de produtos. Já na logística 2.0 apresentam-se novos parceiros e surgem novas formas de transporte, tais como transporte marítimo, cabotagem, aéreo, entre outros. Quando surge a logística 3.0, as atividades clássicas de transporte se mantêm, porém, com foco no fornecimento de produtos e serviço ao cliente final, incorporando-se algumas tecnologias comunicacionais. Na última etapa da evolução surge a logística 4.0, que corresponde a uma plataforma logística associada às tecnologias da indústria 4.0 para agregar valor ao processo da cadeia de suprimentos.

De acordo com Hofmann (2017), o gerenciamento da cadeia de suprimentos inclui a conexão das cadeias logísticas das empresas, buscando alcançar a coordenação nos processos entre os diferentes elos da cadeia de suprimentos. Isso resulta em uma integração de ponta a ponta e faz com que a agregação de valor percebida pelo cliente seja elevada, permitindo assim uma cadeia de suprimentos colaborativa e mais eficiente. Nesse contexto, conforme Gonçalves (2016), pode-se dizer que a logística 4.0 é o progresso da economia de trabalho e padronização pela evolução da Internet das Coisas, substituindo processos que não necessitam de operação ou de determinação humana por robôs e equipamentos de movimentação com condutores automáticos e buscando o equilíbrio entre a automação e a mecanização.

2.1.4 TECNOLOGIAS DA LOGÍSTICA 4.0

Na área da logística, a quantidade de dados disponíveis e o uso da tecnologia podem ajudar a promover melhorias na utilização dos recursos existentes e na execução dos processos (WU, 2013). Segundo o autor, as tecnologias aplicadas à logística podem gerar soluções inteligentes que resultam em benefícios como melhora das análises através de dados confiáveis e comunicação de forma eficiente. Algumas dessas tecnologias são apresentadas a seguir:

- a) internet das coisas - *Internet of Things* (IoT) – trata-se de uma rede de sistemas ciberfísicos que são unicamente identificados e podem interagir para atingir objetivos comuns (GONÇALVES, 2016). Segundo o autor, as ‘coisas’ na IoT são sensores e atuadores, módulos comunicadores e dispositivos que podem cooperar conjuntamente com componentes inteligentes a fim de atingir objetivos que, sem essa cooperação, poderiam não ser atingidos. Por meio dessa tecnologia é possível às empresas supervisionar os produtos, objetos ou equipamentos em tempo real, bem como gerenciar sua arquitetura logística. Os modelos que utilizam IoT não

apenas supervisionam a circulação na cadeia de suprimentos e compartilham informação, como também analisam os dados gerados por todos os procedimentos e prognósticos (GONÇALVES, 2016);

- b) aplicativos para logística – *applications* (APPs) - *smartphones* ou dispositivos semelhantes tornar-se-ão onipresentes, isto é, estarão conectados em rede em todos os lugares (GONÇALVES, 2016). Esses dispositivos, fornecidos através da nuvem, poderão se tornar um instrumento importante no transporte e logística, os quais poderão ser utilizados para gerenciar cadeias de suprimento, monitorar ativos diversos e cuidar da manutenção e produção de bens e serviços (GONÇALVES, 2016). Sun (2012) afirma que isso não se trata apenas de uma tendência. Segundo o autor, já está sendo realizado o desenvolvimento de aplicativos para a IoT e a complexidade das redes que integram fornecedores, manufatura e clientes já está crescendo em grande escala;
- c) *big data* – de acordo com Hoffmann (2017), pode ser utilizado através de análise de big data em tempo real, coletando dados de veículos, produtos, locais de instalações, buscando encontrar rotas ideais para transporte de materiais e produtos;
- d) robôs autônomos - utilizados em armazéns e veículos de intralogística aliados a sistemas de rastreamento, os robôs autônomos permitem maior controle sobre o estoque, proporcionando troca de informações em tempo real entre os atores da cadeia de suprimentos, eliminando assim as fronteiras tradicionais de logística e resultando na redução do efeito chicote do estoque (HOFMANN, 2017).

Aliados às tecnologias estão os projetos das organizações, com o intuito de promover resultados mais satisfatórios e cada vez mais eficazes. Tendo como base as tecnologias citadas anteriormente, é possível estabelecer um modelo de rastreabilidade com baixo custo agregado. Isso pode ser feito mediante a combinação de aplicativos voltados para a área de logística com portais que monitorem e apresentem os dados baseados em IoT, utilizando como ferramenta de coleta de dados RFID para casos de produtos com maior valor agregado, ou códigos 2D para produtos que precisem de soluções mais baratas. Assim é possível desenvolver um modelo de rastreabilidade em um curto espaço de tempo e com baixo custo de implementação.

2.2 MODELO DE MATIURIDADE NA LOGÍSTICA 4.0

Conforme Sternad et al. (2018), modelos de maturidade possuem estágios que formam um caminho lógico ou desejado de um estado inicial até um último nível mais avançado. O principal objetivo de um modelo de maturidade é identificar em que estágio do caminho de

maturação uma empresa se encontra. De acordo com os autores, para a avaliação da maturidade em logística 4.0 podem ser consideradas questões como: Como ocorre a troca de informações existente entre clientes e fornecedores? Como o pedido é processado em sua empresa? A troca de informações entre as áreas da empresa acontece de modo automático? Como os estoques são registrados? Como acontece o registro dos dados de produção e logística? De que maneira são utilizados os dados coletados através dos registros?

No modelo de maturidade apresentado por Sternad et al. (2018), as atividades logísticas são divididas em quatro grupos. A Figura 4 apresenta os grupos e os níveis de maturidade associados a eles (STERNAD et al., 2018).

Figura 4– Subsistemas logísticos e níveis da logística 4.0



Fonte: adaptado de Sternad et al. (2018).

Conforme a Figura 4, existem cinco níveis de maturidade para cada grupo. Entende-se que, quando a organização está no nível mais alto em cada grupo, atingiu o ponto mais elevado de maturidade na logística 4.0.

2.3 RASTREABILIDADE NO TRANSPORTE

A rastreabilidade é a habilidade de traçar o caminho da história, aplicação, uso e localização de uma mercadoria individual ou de um conjunto de características de mercadorias, conforme definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 8402 (1994).

Pizutti et al. (2015) definem que um sistema de rastreabilidade deve suportar localização, capacidade de determinar onde está o produto ou serviço naquele momento, e continuidade, traz o histórico das localizações no decorrer da vida do produto. Segundo os autores, rastreamento é o processo informativo pelo qual um produto é seguido ao longo da cadeia de suprimentos, mantendo registros em cada etapa, desde a produção, transformação e até mesmo a sua distribuição. Os autores ressaltam ainda que o rastreamento é a capacidade de reconstruir a história de um produto, identificando sua origem através da complexidade dos recursos envolvidos no seu ciclo de vida.

Juran (1991) afirma ainda que a rastreabilidade pode ser aplicada sobre itens individuais de ferramenta ou sobre lote de peças, ou códigos de datas de produção contínua. Para Campos (2008), o fator primordial em um sistema de rastreabilidade é a informação, que deverá ser agregada aos produtos, ou em alguma unidade física específica. É fundamental que o processo de rastreabilidade seja transparente e seja um hábito da empresa, cuja aplicação não seja vista como uma obrigatoriedade, mas sim como um sistema de gestão.

Os conceitos de rastreabilidade mencionados anteriormente podem ser também aplicados ao caso específico de serviços de transporte. No entanto, nesse tipo de situação, a rastreabilidade não depende necessariamente da marcação de produtos, como indica Juran (1991), podendo ser também implementada para localizar e monitorar os veículos e/ou seus condutores. De qualquer modo, um elemento primordial na rastreabilidade é a informação (CAMPOS, 2008). Por esse motivo, esse elemento deve ser considerado tanto na rastreabilidade de produtos quanto na de serviços de transporte, caso abordado na presente dissertação.

2.3.1 Benefícios da rastreabilidade

Do ponto de vista da logística, a rastreabilidade permite seguir o movimento dos produtos através de etapas específicas da produção, processamento e distribuição, levando a uma melhoria dos fluxos. Do ponto de vista de fluxos logísticos internos, a rastreabilidade permite detectar facilmente a presença de produtos defeituosos e introduzir ações corretivas mais rápidas para eliminar as causas de não conformidades. Já do ponto de vista dos fluxos externos, tecnologias modernas desenvolvidas para rastreabilidade de produtos apoiam o monitoramento dos fluxos e permitem identificar instantaneamente a posição dos produtos (PIZUTTI et al., 2015).

O monitoramento dos fluxos logísticos e a localização dos produtos oferece a capacidade de ativar um canal de comunicação com os clientes sobre atrasos ou avanços nas entregas (PIZUTTI et al., 2015). Segundo os autores, a transparência na cadeia de suprimentos, devido à presença da rastreabilidade contribui para melhorar a imagem das empresas envolvidas e permite obter benefícios em termos de visibilidade no mercado e de diferenciação perante os concorrentes. Em particular na cadeia *business to business* (B2B), esses benefícios podem resultar em aumento de preços (mediante a cobrança de preços *premium*, decorrentes de um melhor nível de serviços prestados) e, conseqüentemente da lucratividade.

2.4 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE RASTREABILIDADE NO TRANSPORTE

Conforme Perovano (2016), objetiva-se com a revisão sistemática da literatura o auxílio ao entendimento de uma pergunta de pesquisa previamente formulada, tomando-se como base a consulta de conhecimentos desenvolvidos por diferentes autores. A partir de uma revisão sistemática da literatura, é possível identificar as contribuições já existentes em determinada área do conhecimento ou assunto e as lacunas ainda não preenchidas sobre um determinado tema.

A presente revisão sistemática da literatura sobre rastreabilidade no transporte teve como objetivo analisar a evolução dos estudos sobre o tema na base de dados Science Direct no período de 2009 a 2018, período este definido para garantir estudos atualizados sobre o tema. Em termos específicos, buscou-se: identificar os modelos de rastreabilidade previamente desenvolvidos; descrever as principais características desses modelos; e avaliar a aplicabilidade dos modelos, destacando suas potencialidades e limitações.

A realização de uma revisão sistemática da literatura se justifica por apresentar e discutir as contribuições mais importantes em determinada área de estudo (BECHEIKH et al., 2006). De acordo com Transfield et al. (2003), a revisão sistemática desenvolve conhecimento confiável a partir de conhecimentos aleatórios de uma ampla gama de estudos.

A presente revisão sistemática da literatura foi desenvolvida em cinco etapas: i) elaboração do protocolo de revisão, contendo a definição da questão a ser respondida pela revisão, dos objetivos da revisão, das bases de dados a serem consultadas, do período considerado, dos parâmetros de busca e dos critérios de inclusão e exclusão; ii) busca e seleção de artigos, de acordo com os critérios estabelecidos no protocolo de revisão; iii) análise

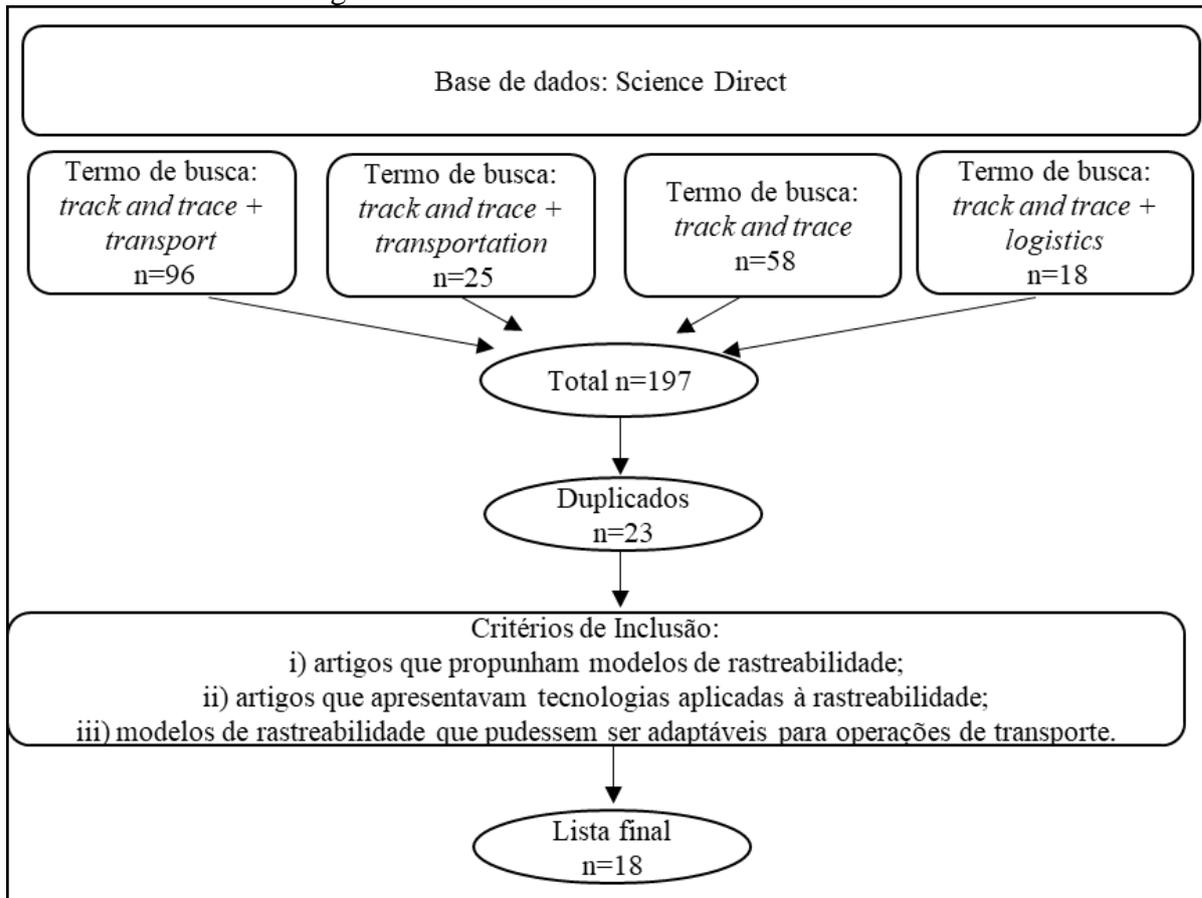
bibliométrica dos estudos selecionados, sendo apresentada a evolução dos estudos ao longo do tempo, os principais periódicos em que foram publicados os artigos e os principais autores, países de origem e afiliações; e iv) análise de conteúdo dos estudos, sendo apresentados os modelos de rastreabilidade previamente desenvolvidos, suas principais características e sua aplicabilidade, destacando suas potencialidades e limitações.

Tratando-se de estratégia de busca, foram consultados os termos *track and trace* e *track & trace* isoladamente, bem como associados aos termos *logistics*, *transport* e *transportation*, na base de dados *Science Direct* no período de 2009 a 2018. Isso resultou em cinco diferentes buscas, sendo utilizados os seguintes termos: *track and trace*; *track & trace*; *track and trace + logistics*; *track and trace + transport*; *track and trace + transportation*. A escolha por essa base justifica-se pelo fato de a mesma permitir a busca diretamente nos títulos, resumos e palavras-chaves dos artigos. Isso evita que sejam selecionados artigos em que os termos de busca aparecem de forma apenas pontual no corpo dos artigos, permitindo uma análise mais focada.

Quanto aos critérios de inclusão e exclusão, a revisão teve como foco artigos que abordassem especificamente o tema rastreabilidade no transporte e na logística. Sendo assim, foram excluídos estudos sobre rastreabilidade animal, médica, genética e pecuária. Porém, devido ao grande volume de estudos na área alimentícia, foram incluídos alguns estudos que poderiam contribuir com modelos de rastreabilidade aplicáveis ao transporte.

Com a aplicação dos termos busca na base selecionada e no período estabelecido, foram encontrados 211 artigos. Desses artigos, através de uma análise prévia de seus títulos, palavras-chave e resumos, 18 foram selecionados como aderentes ao propósito desta revisão sistemática, considerando os objetivos da presente dissertação. Os critérios utilizados para tal avaliação de aderência foram: artigos que propunham modelos de rastreabilidade; artigos que apresentavam tecnologias aplicadas à rastreabilidade; e modelos de rastreabilidade que pudessem ser adaptáveis a operações de transporte. Sendo cumpridos ao menos um desses critérios, os artigos foram classificados como aderentes. A Figura 5 apresenta os passos seguidos para a obtenção da lista final de artigos.

Figura 5– Procedimentos da revisão sistemática



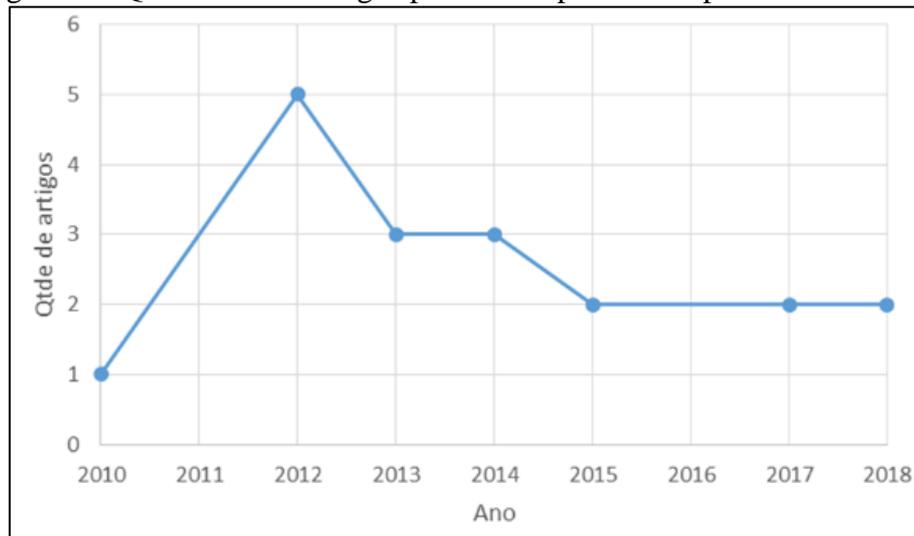
Fonte: autora (2019).

2.4.1 Aspectos bibliométricos

A seguir serão apresentados os resultados obtidos mediante a análise bibliométrica dos 18 artigos selecionados. O método bibliométrico utiliza-se da análise estatística para avaliar as contribuições de diferentes pesquisadores de um mesmo campo ou de diferentes campos de pesquisa para um determinado tema investigado. Com isso, é possível identificar as relações colaborativas em atividades científicas e os principais resultados das pesquisas já realizadas a partir de uma perspectiva macro, permitindo a identificação de lacunas e o surgimento de novos *insights* de pesquisa (KEISER; UTZINGER, 2005).

Os resultados apresentados na Figura a seguir evidenciam a quantidade de publicações por ano no período analisado. Essa é uma informação relevante para identificar a tendência de publicações acerca do tema e nortear novas pesquisas.

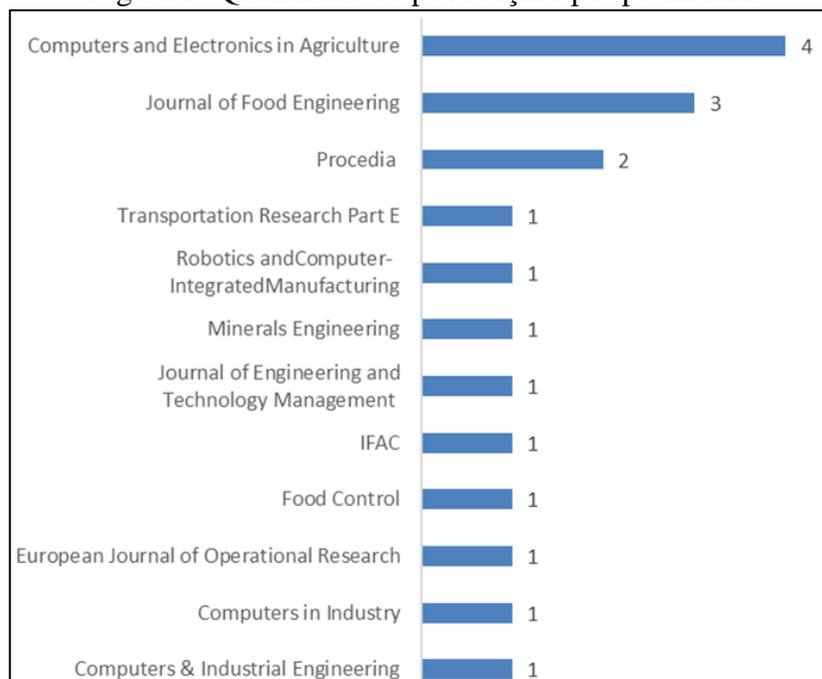
Figura 6– Quantidade de artigos publicados por ano no período em análise



Fonte: autora (2019).

Observa-se na Figura 6 um pico de publicações em 2012 e uma redução nos anos subsequentes. A partir de 2015, as publicações mantiveram-se estáveis, embora se observe a ausência de produção científica orientada especificamente à rastreabilidade no serviço de transporte. Devido à carência de estudos específicos nessa área, seguindo os critérios apresentados anteriormente, consideraram-se os modelos de rastreabilidade oriundos de outras áreas para uma posterior avaliação de sua adaptação à área de transporte rodoviário de cargas. A Figura 7 ilustra a quantidade de publicações por periódico.

Figura 7- Quantidade de publicações por periódicos



Fonte: autora (2019).

É possível observar na Figura 7 uma dispersão no número das publicações por periódicos. Tendo maior número de publicações periódicos ligado a área de informática e agricultura. O que vem ao encontro com a criticidade e a segurança exigida na cadeia de suprimentos alimentícia a qual tem uma criticidade maior na questão de rastreabilidade e segurança. A partir de uma análise dos artigos publicados nos periódicos anteriormente apresentados, foi avaliada a representatividade de cada setor de aplicação da rastreabilidade no total de estudos. Os resultados dessa classificação são apresentados na Tabela 4.

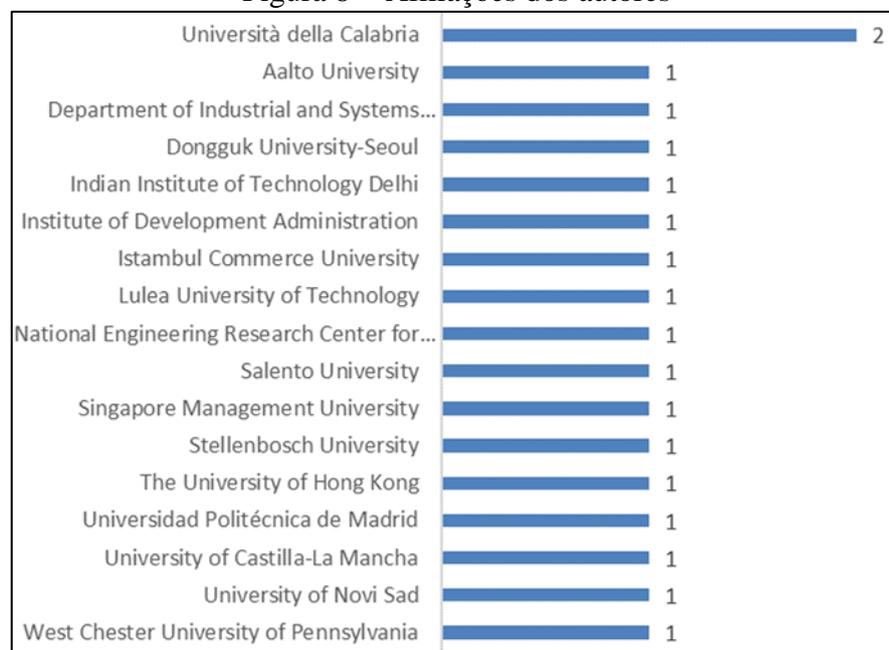
Tabela 4 - Quantidade de artigos por setor

Setor	Nº de artigos	%
Alimentício	11	61%
Indústria	7	39%
Total de Artigos	18	100%

Fonte: autora (2019).

Na Figura 8 é possível verificar a afiliação dos autores dos artigos selecionados. Observa-se que não há uma concentração significativa de publicações em uma determinada universidade, destacando-se a *Università della Calabria*, na Itália, com dois artigos.

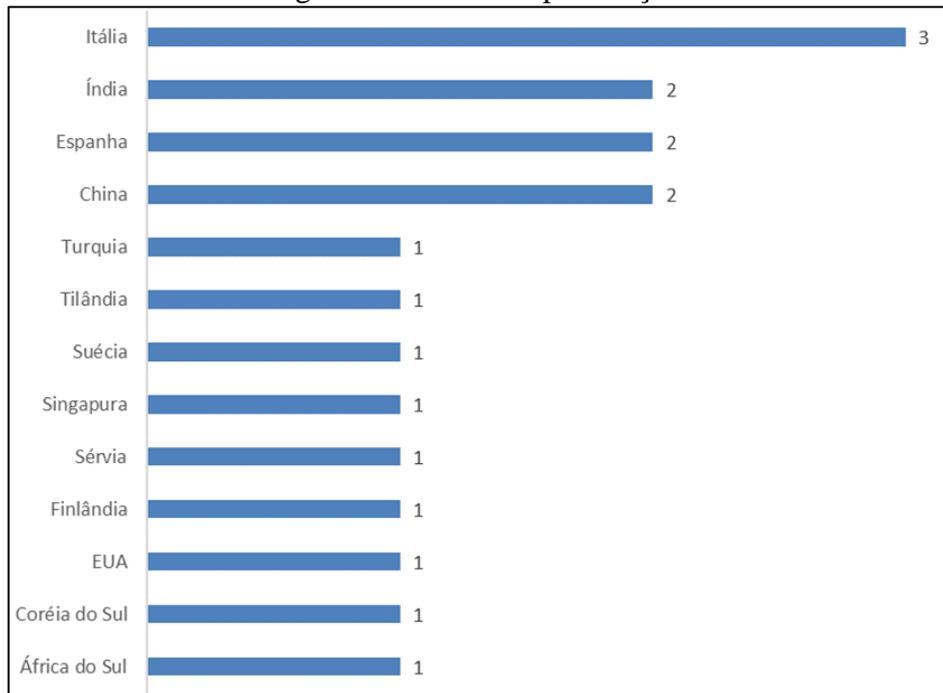
Figura 8 - Afiliações dos autores



Fonte: autora (2019).

Na Figura 9 apresentam-se os principais países em que estão localizadas as instituições de afiliação dos autores. Com essas informações, é possível verificar o agrupamento das regiões mais relevantes em termos de publicações sobre o tema.

Figura 9 - Países das publicações



Fonte: autora (2019).

Como mostra a Figura 9, não é possível destacar um país como influente no número de publicações dentre os artigos analisados. Ampliando a região, é possível observar que a maior concentração de artigos publicados referentes ao tema rastreabilidade no transporte está localizada na Europa e na Ásia, não sendo observados trabalhos na América Latina, conforme está ilustrado na Figura 10.

Figura 10 - Imagem global das publicações por países



Fonte: elaborada pela autora por meio do Google Maps (2019).

2.4.2 Aspectos de conteúdo

Nesta seção é apresentada a análise dos artigos classificados como aderentes ao foco do presente estudo, com o objetivo de identificar os modelos de rastreabilidades propostos pelos autores. Conforme apresentado anteriormente, os critérios utilizados para classificação da aderência foram: artigos que propunham modelos de rastreabilidades; artigos que apresentavam tecnologias aplicadas à rastreabilidade; e modelos de rastreabilidade que pudessem ser adaptáveis para operações de transporte. Os artigos foram classificados como aderentes desde que atendam a um dos critérios apresentados.

Dentre os 18 artigos selecionados, nove tiveram como foco a rastreabilidade da cadeia alimentar, apresentando métodos de como cumprir os requisitos legais desse setor. Cinco artigos buscaram formas de rastrear os produtos ao longo da cadeia produtiva e de distribuição da indústria. E os demais artigos demonstraram métodos de rastreabilidade, indicadores logísticos, interface entre sistemas de rastreabilidade e as organizações, e importância da rastreabilidade nas organizações. No que tange as tecnologias utilizadas, sete artigos aplicaram RFID, cinco apresentam plataformas de troca de informações interorganizacionais, dois utilizaram códigos de barras ou QRCode, e quatro artigos abordaram outros tipos de tecnologia.

Alfian et al. (2017) propuseram um modelo de rastreabilidade integrando três tecnologias: RFID, WSN (*wireless sensor network*) e integração de dados. De acordo com os autores, dessa forma garante-se a qualidade e a segurança dos produtos alimentares agrícolas em toda a cadeia de suprimentos. Integrar as tecnologias citadas acima, através de um sistema web, pode ser classificada como IoT, sendo de fácil e rápida implementação. O sistema web foi a versão escolhida para desenvolvimento da rastreabilidade da presente dissertação.

O modelo de rastreabilidade proposto por Framiling et al. (2012) consiste na utilização de etiquetas RFID para realizar a coleta de dados ao longo da cadeia de suprimentos e transmitir esses dados através de um sistema denominado EPC global. Esse sistema provém de uma estrutura que recebe informações e as codifica de forma padronizada. Assim, obtém-se um padrão para a troca interorganizacional de dados. Entretanto, os autores ressaltam que as empresas podem não estar dispostas a compartilhar certos dados além de seus limites, pois no EPC as informações são abertas. O estudo demonstra a dificuldade de padronização de dados interorganizacionais, e como superar essa barreira. Visto que é necessária a integração de vários fornecedores de transporte e de dados oriundos de diversos sistemas, quanto mais as informações puderem ser padronizadas, mais fácil será o processo (FRAMILING et al., 2012).

Pizuti et al. (2015) apresentam em seu artigo um passo a passo para a criação de um modelo de rastreabilidade para garantir a segurança na cadeia de suprimentos alimentar. São apresentadas todas as fases seguidas na implantação do sistema, incluindo coleta de dados e modelagem. A contribuição mais relevante diz respeito à integração de parâmetros e dados dentro do modelo, e como que estes são fundamentais para a adaptação do modelo de rastreabilidade em quaisquer outras cadeias de suprimento.

Ainda sobre a importância da padronização de dados, Garcia et al. (2010) ressaltam a necessidade de existir uma linguagem comum de informação e padronização de dados entre as organizações. Isso simplificará não somente o rastreio, mas também os controles de estoques, envio e recebimento de todas as operações ao longo da cadeia de suprimentos. Os autores ainda observam que cada evento ao longo da cadeia de suprimentos, como transporte, embalagem, distribuição ou processamento, resulta em um produto diferente que pode ter sua própria informação atrelada ao sistema de rastreamento. Os autores indicam ainda três questões cruciais para o sucesso de qualquer sistema de rastreabilidade: compatibilidade entre sistemas; padronização de dados; e definição de uma unidade rastreável.

No que diz respeito ao uso de etiquetas RFID, Zhu et al. (2012) afirmam que as empresas, ao invés de olharem para o custo adicional, devem observar o valor agregado gerado pela *tag* RFID. Os autores acrescentam ainda que, se não houver valor agregado, até mesmo uma etiqueta de dois centavos não será atraente. O valor agregado varia do uso efetivo das informações que são coletadas através da etiqueta sem custo adicional de mão de obra. Independentemente se a coleta de dados é feita por meio de etiquetas ou outras tecnologias, o estudo demonstra a importância da avaliação do valor agregado obtido através da informação coletada e de como isso deve ser considerado na avaliação de viabilidade.

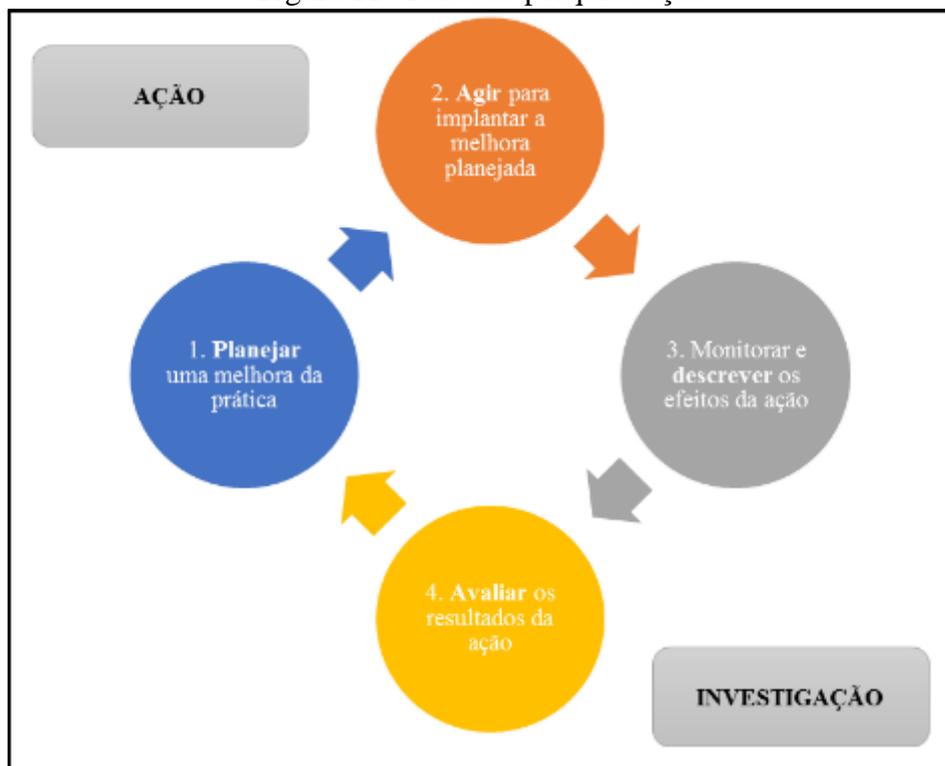
3. MÉTODO

Este capítulo é dividido em duas seções: i) método de pesquisa; e ii) método do trabalho. Na primeira seção são apresentadas as características do método definido para a presente dissertação (pesquisa-ação), incluindo as fases necessárias para o seu desenvolvimento. E na segunda seção, tomando como base as fases apresentadas na seção anterior, é descrito o método do trabalho, detalhando as principais atividades desenvolvidas para a execução do mesmo.

3.1 MÉTODO DE PESQUISA

A presente dissertação pode ser classificada como uma pesquisa-ação, a qual Thiollent (2011) define como um tipo de pesquisa social empírica que é concebida e realizada em estreita associação com a resolução de um problema, no qual o pesquisador está presente e envolvido de forma cooperativa. Para Tripp (2005), a pesquisa-ação trata-se de uma investigação que utiliza técnicas de pesquisa robustas para orientar ações com o objetivo de melhorar a prática. De acordo com Tripp (2005), a pesquisa-ação está dividida em quatro fases (Figura 11).

Figura 11– Fases de pesquisa-ação



Fonte: adaptada de Tripp (2005).

Conforme a Figura 11, o ciclo da pesquisa-ação inicia com o planejamento de uma melhora da prática, resultado de um diagnóstico prévio para a identificação do problema. A próxima etapa é a da implementação da ação. Com essa etapa concluída, passa-se para a terceira etapa do ciclo de pesquisa-ação, que é o monitoramento de seus efeitos. A última etapa compreende a avaliação dos resultados da ação implementada, sendo utilizada também como diagnóstico para o planejamento de uma nova ação, retroalimentando o processo (TRIPP, 2005).

Thiollent (2001) cita os principais aspectos da pesquisa-ação: é explícita a interação entre pesquisadores e pessoas implicadas na situação investigada; em função dessa interação, é possível obter uma ordem de prioridade dos problemas a serem pesquisados, bem como as respectivas soluções a serem encaminhadas na condição de ações concretas; o objeto de investigação é constituído pelos problemas de diferentes naturezas encontrados na situação identificada; o objetivo da pesquisa-ação consiste em resolver ou, pelo menos, esclarecer os problemas da situação observada; os atores da problemática acompanham as decisões, ações e quaisquer atividade intencional durante o processo; e projeta-se com a pesquisa-ação ampliar o conhecimento dos pesquisadores e o conhecimento ou ‘nível de consciência’ dos envolvidos.

A pesquisa-ação não se trata de uma pesquisa seguida por ação, mas sim de pesquisa como ação (TRIPP, 2005). Essa definição apresenta-se diretamente ligada ao propósito desta dissertação. Tripp (2005) ressalta a importância do planejamento de como serão avaliados os efeitos da mudança na prática e orienta que a pesquisa-ação seja apresentada como um relatório, o qual deve seguir quatro etapas (Quadro 1).

Quadro 1– Etapas de um relatório de pesquisa-ação

Etapa	Tópico	Subtópico	O que abordar
1	Introdução	Não há	Intenções do pesquisador, objetivos e benefícios previstos
2	Reconhecimento	Não há	Investigação do trabalho de campo e revisão da literatura
3	Ciclos	Planejamento	Preocupação temática com o primeiro passo da ação
		Implementação	Relato discursivo sobre quem fez o quê, quando, onde, como e por que
		Relatório de pesquisa	Resumo e base racional dos métodos de produção dos dados; apresentação e análise dos mesmos; e discussão dos resultados: explicações e implicações
		Avaliação	Apresentação do que funcionou e quais os pontos a serem melhorados na pesquisa-ação
4	Conclusão	Não há	Apresentação das melhorias práticas alcançadas, suas implicações e as recomendações para a prática profissional do pesquisador e outros envolvidos; síntese do aprendizado a respeito do processo de pesquisa-ação, suas implicações e recomendações para trabalhos futuros.

Fonte: Adaptado de Tripp (2005).

O Quadro 1 auxilia na definição da sequência do relatório da pesquisa-ação e foi tomado como base para o desenvolvimento da presente dissertação. No Quadro 2 pode-se observar a relação entre as etapas do relatório da pesquisa-ação sugeridas por Tripp (2005) e a estrutura utilizada nesta dissertação.

Quadro 2– Relação entre o modelo de Tripp (2005) e a estrutura da presente dissertação

Etapa do modelo	Tópico	Subtópico	Capítulo da dissertação
1	Introdução	Não há	Capítulo 1 - Introdução
2	Reconhecimento	Não há	Capítulo 2 - Referencial Teórico
3	Ciclos	Planejamento	Capítulo 3 - Método
		Implementação	Capítulo 4 - Resultados
		Relatório de pesquisa	
		Avaliação	
4	Conclusão	Não há	Capítulo 5 - Conclusão

Fonte: autora (2019).

É possível observar no Quadro 2 a aderência entre o modelo descrito por Tripp (2005) e os capítulos da presente dissertação. Todas as etapas definidas pelo autor encontram-se presentes na estrutura deste trabalho.

3.2 MÉTODO DO TRABALHO

Nesta seção é apresentado o método de trabalho seguido para a implementação do modelo de rastreabilidade no serviço de transporte no grupo de empresas estudadas. Primeiramente é avaliado o grupo de empresas estudado quanto à maturidade da logística 4.0. Em seguida as ações são divididas em planejamento, implementação, monitoramento e avaliação, de acordo com as fases da pesquisa-ação descritas por Tripp (2005).

3.2.1 Situação encontrada quanto à maturidade logística

Baseado no modelo de avaliação da maturidade em logística 4.0 apresentado por Sternad et al. (2018), o grupo de empresas estudo foi avaliado nos quesitos logística de compras, logística interna, logística de distribuição e pós-vendas. Em cada um dos quatro quesitos, o grupo de empresas foi classificado dentro de um dos cinco níveis de maturidade existentes. Essa avaliação inicial da situação encontrada serviu como base para as quatro etapas que compõem os ciclos da pesquisa-ação descritos por Tripp (2005).

3.2.2 Planejamento

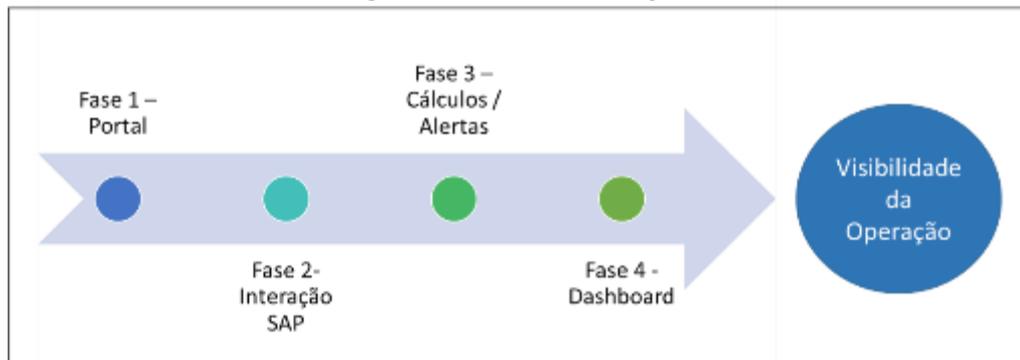
Conforme descrito anteriormente, o planejamento é a primeira etapa do ciclo de uma pesquisa-ação. A seguir são descritas as atividades executadas nesta fase para a implementação da rastreabilidade dos serviços de transporte no grupo de empresas estudado:

- a) realizar *benchmarking* em empresas embarcadoras a fim de verificar se as mesmas utilizam ou não modelos de rastreabilidade dos serviços de transporte;
- b) realizar pesquisa de fornecedores de *softwares* existentes no mercado que promovam a visibilidade da operação de transportes;
- c) definir o fornecedor que será o responsável pelo desenvolvimento da ferramenta;
- d) desenhar juntamente com o fornecedor e a equipe de trabalho da torre de fretes, composta por quatro analistas de logística e dois assistentes administrativos, o modelo de rastreabilidade a ser adotado e as regras de negócio a serem seguidas;
- e) adequar os parceiros de transporte ao novo modelo;
- f) definir resultados esperados do modelo de rastreabilidade referentes aos seguintes aspectos: redução de custos; definição de responsabilidades quando ocorrerem divergências no processo; e melhora no nível de serviço.

3.2.3 Implementação

Para a implementação do modelo de rastreabilidade no transporte, o projeto foi dividido em quatro etapas, a fim de obter entregas menos complexas e mais rápidas, com o intuito de ir testando o modelo à medida que fosse sendo implementado. A Figura 12 apresenta as etapas previstas para a implementação do projeto.

Figura 12– Fases do Projeto



Fonte: autora (2019).

As quatro fases do projeto são descritas a seguir:

Fase 1- Portal: etapa de definição e configuração das premissas do sistema, ativando o portal onde são consultadas as informações coletadas através do APP (aplicativo desenvolvido para utilização dos motoristas a fim de gerar os registros das entregas).

Fase 2 – Interação SAP: desenvolvimento de integração do portal com o SAP (ERP utilizado pelas empresas). Assim todas as informações referentes aos conhecimentos de frete são armazenadas em um único local. Foram desenvolvidas nesta etapa funcionalidades como a interface de envio de ocorrências, a atualização da data de entrega nos documentos de transporte e o mapa de entregas (rastreamento).

Fase 3 – Cálculos/ Alertas: etapa de desdobramento das configurações, que resultou na criação de lógica para cálculo de atraso de entregas; criação de cenários para aplicação de notas de débito baseados em atrasos de entregas; desenvolvimento da funcionalidade de mapa de risco de atrasos; e criação de rotina de interface com sistemas de transportadoras que utilizarão seu próprio APP.

Fase 4 – *Dashboard*: fase que em que foram desenvolvidos indicadores-chave de desempenho, também chamados de *Key Performance Indicators* (KPIs), para avaliar o desempenho das transportadoras e o serviço de fretes das empresas estudadas. Esses indicadores estão disponibilizados através de uma ferramenta de *Business Intelligence* (BI) que apoiará a tomada de decisões de forma inteligente por meio de dados captados dos APPs utilizados pelas transportadoras.

Em as suas fases o projeto foi conduzido no grupo de empresas estudado por uma equipe composta por quatro analistas e dois assistentes que atuam na torre de controle de fretes, juntamente com um analista da área da TI que atuou como apoio técnico. Foram realizadas reuniões semanais da equipe para acompanhamento, desenho da solução, definição de diretrizes

e realização de testes em ambiente de homologação. A equipe foi responsável pelo andamento do projeto e por sua entrega dentro do prazo acordado com a gestão.

3.2.4 Monitoramento

O monitoramento do projeto foi conduzido pela equipe responsável pela implementação, torre de fretes, juntamente com as áreas de apoio, e o fornecedor da solução. Isso foi realizado por meio de reuniões de *follow-up* com o objetivo de cumprir as datas previstas e realizar a entrega esperada pela gestão das empresas.

3.2.5 Avaliação

O processo de avaliação foi realizado através do acompanhamento de indicadores da área de logística divididos em quatro blocos: i) produtivo; ii) logístico; iii) financeiro; e iv) desempenho organizacional. Foram confrontados os resultados prévios à implementação com os obtidos após a realização do projeto.

4. RESULTADOS

No capítulo a seguir são apresentados os resultados obtidos com a implementação do modelo proposto de rastreabilidade no transporte. Também são contrapostos os níveis de maturidade logística da empresa antes e após a implementação do projeto.

4.1 SITUAÇÃO ENCONTRADA PRÉVIA À IMPLEMENTAÇÃO

Nesta seção é apresentada a situação encontrada antes da implementação do modelo de rastreabilidade no transporte. São descritos o panorama geral da logística nas empresas, o nível de maturidade logística encontrado e os resultados esperados com a implementação do modelo de rastreabilidade.

A área de logística tem como objetivo administrar o fluxo de materiais dentro da fábrica, sendo responsável pelas áreas de recebimento físico; armazenagem de matéria prima e de produtos indiretos; movimentação de insumos até os pontos de utilização na planta; planejamento e programação de materiais; movimentação de produto acabado; armazenagem e expedição dos produtos. Juntamente com o fluxo físico, está relacionado o fluxo de informações que também é de responsabilidade da área de logística. Diante disso, apresenta-se no Quadro 3 os resultados esperados.

Quadro 3– Resultados esperados x Situação atual

(continua)

Quadrante	Melhoria esperada	Indicador	Padrão desejado	Situação Atual
Consumo	Informação para apoiar na tomada de decisão	Consumo por empresa	N/A	N/A
		Consumo por transportadora	N/A	N/A
		Resumo operação	N/A	N/A
		Frete por tonelada	N/A	N/A
Operação de Transporte	Melhora do nível de serviço das transportadoras	Entregas no prazo	95%	Inexistente
		Entregas em atraso	5%	Inexistente
		Entregas em andamento no prazo	N/A	N/A
		Entregas em andamento em atraso	N/A	N/A
		Entregas não iniciadas	N/A	N/A

(conclusão)

Qualidade de Entrega	Melhora do nível de serviço das transportadoras	Performance de entregas realizadas dentro do prazo por transportadora	95%	Inexistente
		Média de atraso (dias)	1 dia	Inexistente
		Ocorrências ocorridas durante o transporte	N/A	N/A
		Ocorrências ocorridas durante o transporte com filtro por transportadora	N/A	N/A
Financeiro	Redução de custos na empresa	Status pagamento	90% em dia	Inexistente
		Prazo médio pagamento por transportadora	60 dias	Inexistente
		Percentual de aderência à tabela de fretes	90%	Inexistente
		Nota débito por transportadora (diferença do valor cobrado x valor acordado em tabela de fretes ou multas por atraso de entrega)	R\$ 20.000	R\$ 15.000
		Diárias nos clientes	Zero	R\$ 3.000 R\$ 0,43
		Diárias nas dependências das empresas	Zero	R\$ 10.000 R\$ 1,71
Maturidade	Evolução da área logística	Índice de maturidade da logística	Nível 5	Nível 1 a 3

Fonte: autora (2019).

Atingindo os padrões desejados de redução de custo e de melhora no nível de serviço, as empresas entendem que passarão a ter um outro nível de atendimento logístico. Em um primeiro momento, o trabalho será de adaptação dos fornecedores atuais a esse novo patamar de nível de serviço desejado, realizando-se um trabalho de melhoria continua nos serviços de transporte.

Quanto ao último item do Quadro 3 (índice de maturidade da logística), de acordo com Sternald et al. (2018), as organizações estão vivenciando uma fase em que precisam determinar sua maturidade e planejar suas ações para alcançar o seu desenvolvimento. Entretanto, a complexidade dos sistemas de logística muitas vezes dificulta o diagnóstico da situação real, o que motivou os autores a desenvolver seu modelo de maturidade da logística 4.0.

Utilizando-se esse modelo, foi identificado o nível de maturidade logística do conglomerado de empresas estudado. Para tanto, foram verificadas as características do grupo de empresas em cada subsistema logístico considerado no modelo de Sternald et al. (2018), apresentados na Figura 5. Foram observados aspectos como os indicadores existentes, os *softwares* utilizados e a infraestrutura logística de cada empresa, buscando enquadrar as

mesmas na escala de cada subsistema proposto pelos autores. No quadro a seguir são apresentados os resultados obtidos para cada empresa.

Quadro 4 – Classificação dos níveis de maturidade logística por empresa previamente à implementação

Quesito	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Empresa E	Empresa F	Empresa G	Média Geral
Logística de Compras	2	2	2	2	2	2	2	2
Logística Interna	3	4	3	3	4	3	3	3
Distribuição	1	2	2	1	1	1	1	1
Pós-Vendas	2	2	2	2	2	2	2	2

Fonte: autora (2019).

A identificação da maturidade logística permite a avaliação da área e fornece dados para analisar a correlação entre o nível de maturidade das empresas e a sua posição competitiva. Além disso, contribui para a visualização do caminho e para definir prioridades para a melhoria do processo (SZLAPKA, 2018).

A avaliação da maturidade logística por empresa possibilitou perceber em quais áreas da logística cada empresa precisa atuar. Entretanto, para traçar um plano macro considerando o grupo como um todo, foi necessário consolidar os resultados individuais.

Para o subsistema logística de compras o nível consolidado é o de intercâmbio de dados adicionais (nível 2), pois as trocas de informações com fornecedores acontecem via WEB EDI, porém solicitações de embarques e previsões são enviadas por e-mails. Já no subsistema logística interna, a classificação foi sistema ERP (nível 3), pois as informações que são trocadas entre as áreas ocorrem por meio desse sistema. No subsistema distribuição, a classificação consolidada foi de nível 1, visto que as empresas não possuem sistema de troca de dados com os clientes e nem com os fornecedores de transporte. Quando há necessidade de troca de informações, estas ocorrem via telefone ou e-mail, e isso somente ocorre quando surge uma necessidade de informação requerida pelo cliente. Para finalizar, no subsistema pós-vendas o nível classificado foi troca de dados através de ERP (nível 2). O ERP utilizado atualmente pelas empresas é o SAP e as informações internas são compartilhadas entre as áreas através do mesmo.

Para ilustrar o nível de maturidade encontrado, foi adaptada a Figura 4 apresentada anteriormente de Sternad et al. (2018) para evidenciar graficamente em qual ponto de evolução da logística o grupo se enquadra. É possível observar que as empresas estudadas estão entre um nível inicial e intermediário de evolução da logística para chegar na logística 4.0 (Figura 13).

Figura 13- Status dos subsistemas logísticos e níveis da logística 4.0



Fonte: adaptado de Sternad et al. (2018).

Como é possível evidenciar na Figura 13, alguns subsistemas são mais desenvolvidos que outros, mas é possível concluir que as empresas estão entre o nível 1 e o nível 3 de maturidade logística, conforme apresentado anteriormente na última linha do Quadro 3. O subsistema distribuição é o que apresenta o menor desenvolvimento (nível 1). Isso justifica e reforça a escolha desse subsistema logístico como foco do projeto de rastreabilidade implantado na empresa.

4.2 PLANEJAMENTO

A partir dos resultados apresentados na Figura 13, referentes à medição do nível de maturidade em logística 4.0, entende-se a necessidade de investir para evoluir no subsistema de distribuição. Nesse sentido, optou-se por desenvolver, juntamente com um fornecedor de software, um aplicativo a ser utilizado pelos fornecedores de transporte para realizar as ‘baixas’ das entregas de forma online. Também foi considerado que alguns fornecedores de transporte já possuem seus próprios aplicativos para realizar a baixa das entregas de maneira online. Dessa forma, foi criada uma API para que os dados sejam transmitidos de forma padronizada. Além

do aplicativo, também foram desenvolvidas dentro do SAP aplicações para que todas as informações coletadas através do aplicativo estejam disponíveis para os usuários da empresa. Com o intuito de transformar todos os dados coletados em informações, foram criados *dashboards* para acompanhamento da operação nos blocos de consumo, operação de transporte, qualidade de entrega, financeiro e maturidade logística. A última etapa do projeto é a replicação dos dados obtidos com o modelo de rastreabilidade no transporte para o portal do cliente, onde estará disponível para o mesmo o *tracking* de seus pedidos.

Foram seguidos os passos de realizar *benchmarking*, definir o fornecedor parceiro, desenhar a solução e adequar os parceiros de transporte um a um à nova solução estabelecida. Para isso, as empresas investiram R\$ 220.000,00 e a equipe responsável pela implantação e disseminação das novas aplicações foi a torre de controle de fretes.

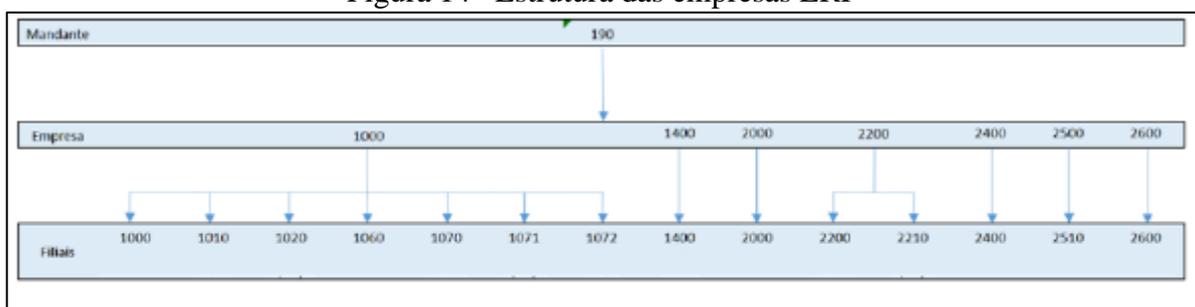
4.3 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DE RASTREABILIDADE

Nesta seção são descritos os passos seguidos para realizar a implementação do modelo de rastreabilidade.

4.3.1 Descrição Geral do modelo

As empresas estudadas fazem parte de um conglomerado e são regidas por um software ERP: o SAP. O mesmo está sob um mandante que centraliza as informações de todas as empresas do grupo e suas filiais. Como mencionado anteriormente, fazem parte do escopo desta dissertação sete empresas, divididas em 14 filiais. A seguir está ilustrado como funciona esta estrutura organizacional das empresas de acordo com o software ERP adotado.

Figura 14– Estrutura das empresas ERP

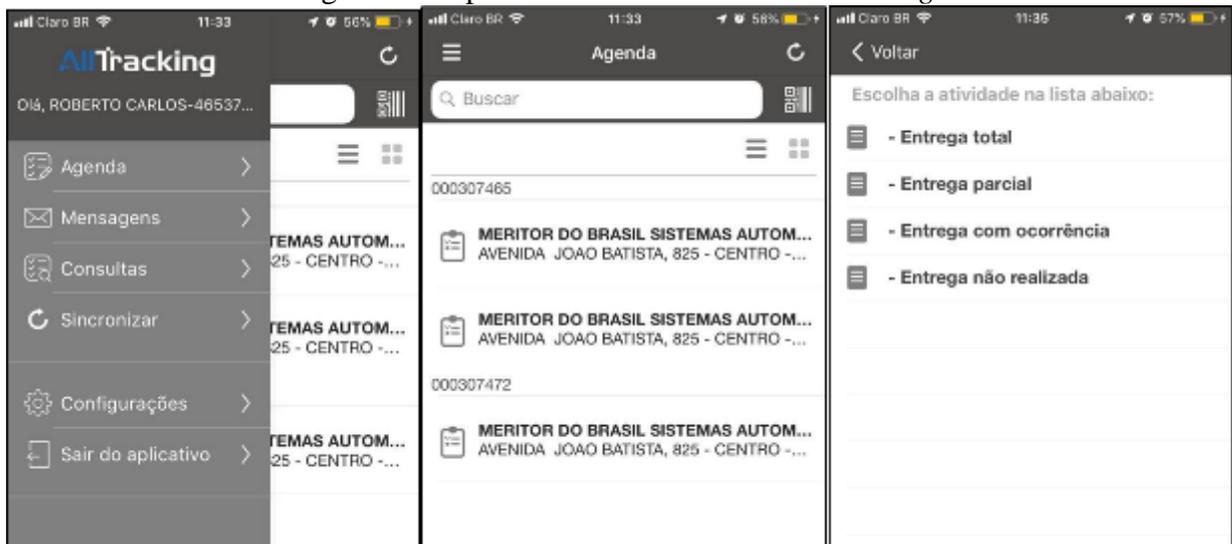


Fonte: autora (2019).

Devido à alta complexidade de envolver 14 filiais no projeto e em torno de 30 fornecedores de transporte, o projeto foi dividido em quatro fases. Essas fases do projeto foram estabelecidas para que fosse possível realizar pequenas entregas, isto é, implantações com nível de complexidade menor e tempo de resposta mais rápido para as dificuldades encontradas. A seguir são descritas cada fase:

Fase 1: Nesta fase foi primeiramente descrito o objetivo geral do projeto e definido que a solução deve conter fotos referentes ao processo de entrega, bem como disponibilizar relatórios de consulta e um *dashboard* referente à operação. Nesta etapa foi desenvolvido um APP que as transportadoras que não possuem seu próprio aplicativo de ‘baixas’ online pudessem utilizar. Optou-se por utilizar um fornecedor que possui uma plataforma especializada em aplicativos corporativos, proporcionando que os APPS sejam customizados quando necessário. A plataforma está baseada na tecnologia IOT. Na Figura 15 é apresentado o aplicativo desenvolvido.

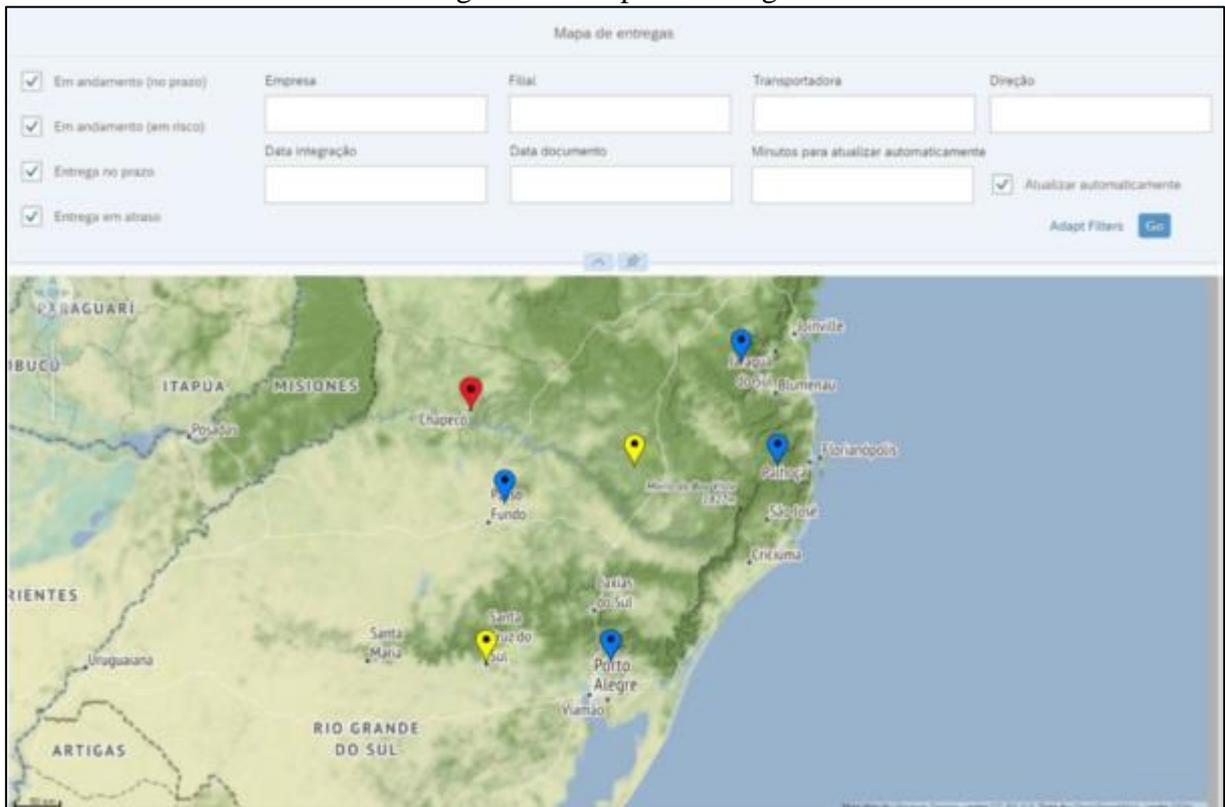
Figura 15– Aplicativo desenvolvido – *Alltracking*



Fonte: autora (2019).

No APP é obrigatório que a transportadora registre foto do comprovante de entrega da mercadoria, e o próprio sistema de forma automatizada registra a geolocalização do ponto onde está sendo realizada a baixa da entrega para que essas informações sejam posteriormente importadas para o SAP. Além do APP, também foi desenvolvido um portal web para que os fornecedores de transporte possam consultar suas entregas, monitorar as baixas e, até mesmo, gerenciar seus veículos e entregas caso já não possuam essa aplicação através de sistema próprio. Esse portal também tem o objetivo de ser um facilitador na comunicação entre os APPs e o SAP.

Figura 17– Mapa de entrega



Fonte: autora (2019).

Para concluir a segunda etapa, foi desenvolvida uma API que integra ocorrências de outros sistemas de rastreamento na solução AllTracking. Essa API será utilizada pelas transportadoras que possuem um sistema de rastreabilidade e não utilizam o AllTracking. Tal interface será disponibilizada na arquitetura REST (oData), que define um conjunto de restrições e propriedades baseados em http. As mensagens poderão ser apresentadas no formato XML e JSON pelo próprio *gateway* do ambiente de qualidade (ambiente utilizado do SAP para testes e homologação de novos desenvolvimentos).

Fase 3: nesta fase do projeto foram desenvolvidas as seguintes funcionalidades: i) conversão do arquivo XML em tarefa para transportadoras que não usam AllTracking; e ii) desenvolvimento de API de rastreamento. Esses desenvolvimentos tiveram como objetivo proporcionar a visibilidade para os transportadores que utilizam seu próprio APP.

Também foi desenvolvida uma trava para que somente sejam pagos conhecimentos de fretes que tenham a ocorrência de entrega realizada atrelada. Referente às multas por atraso de entrega, foi definida uma escala de multas a serem aplicadas e também foi desenvolvida uma funcionalidade para que sejam descontadas as multas dos pagamentos realizados para as transportadoras. A Tabela 5 apresenta a escala das multas por atraso de entrega.

Tabela 5– Multas por atraso de entrega

Atraso em dias úteis	Multa sob valor do frete
1 dia	-1%
2 dias	-2%
3 dias	-3%
4 dias	-4%
A partir do 5° dia	-10%

Fonte: autora (2019).

Fase 4: a etapa 4 do projeto consistiu em transformar os dados obtidos em informações. Foram definidos quatro painéis de indicadores, com indicadores referentes a cada assunto: operação de transporte, financeiro, qualidade de entrega e consumo. No painel de indicadores de operação de transporte constam os seguintes indicadores:

- a) resumo de entregas por transportadora, sendo essas entregas classificadas em:
 - i) no prazo (contém as entregas realizadas dentro do prazo cadastrado no percurso); ii) em atraso (contém as entregas realizadas fora do prazo cadastrado no percurso), iii) em andamento no prazo (contém as entregas em andamento que estão dentro do prazo); iv) em andamento em atraso (contém as entregas em andamento que estão em atraso); e v) entregas não iniciadas (contêm as notas fiscais coletadas, mas que ainda não estão vinculadas a um conhecimento);
- b) resumo de operação, o qual demonstra: i) o volume de frete de cada operação (fretes de entrada, saída, transferência, reentrega e devolução); e
- c) resumo diário de transporte, composto pelas mesmas informações do indicador “resumo de entregas por transportadora”, porém agrupadas por dia.

No Apêndice C é apresentado o *dashboard* de operação de transporte.

No *dashboard* de qualidade de entrega constaram os seguintes indicadores relativos à performance por transportadora (Apêndice D):

- a) média de atraso em dias: mostra a média de dias de entregas em atraso por transportadora;
- b) ocorrências no transporte: apresenta a quantidade de ocorrências durante as entregas no período selecionado; e
- c) ocorrências por transportadora: quantifica as ocorrências por transportadora no período selecionado.

No *dashboard* financeiro constam os seguintes indicadores (Apêndice E):

- a) status de pagamento: mostra a performance de pagamento dos conhecimentos para que seja possível avaliar se as empresas estão pagando os fretes na data de vencimento;
- b) prazo médio de pagamento: calcula o prazo médio em dias de pagamento;
- c) percentual de aderência à tabela de frete: mostra o percentual de assertividade da transportadora no momento da emissão do conhecimento de fretes, é confrontado o valor cobrado pela transportadora com o valor negociado que está acordado em tabela de fretes vigente.
- d) nota de débito por transportadora: mostra o valor de notas de débito geradas para cada transportadora e segrega as notas de débito referentes a cobranças realizadas a maior (ou seja, a diferença entre o que foi cobrado e o que foi negociado) e multas por atraso na entrega (percentual de desconto do frete conforme escala apresentada anteriormente).

No *dashboard* de consumo constam os seguintes indicadores (Apêndice F):

- a) consumo por empresa: mostra o valor gasto com transporte por empresa dentro do período selecionado;
- b) *consumo* por transportadora: mostra o valor gasto com transporte segregado por transportadora dentro do período selecionado;
- c) resumo de operação: apresenta o valor gasto com transporte segregado por tipo de operação (frete de entrada, saída, transferência, reentrega e devolução);
- d) frete por tonelada: demonstra o valor médio do frete em relação ao peso transportado, este indicador está dividido por UF do país; e
- e) percentual sobre o valor da nota fiscal: mostra o valor de frete em relação ao valor da nota fiscal transportada, o mesmo também está apresentado por UF.

4.4 MONITORAMENTO

Na fase de monitoramento foi realizado o acompanhamento das ações e seus prazos de execução. Essa ação teve o objetivo de acompanhar cada atividade e, caso necessário, conduzir ações corretivas, visando ao cumprimento dos prazos definidos. O cronograma de desenvolvimento do projeto é apresentado no Quadro 5.

Quadro 5– Cronograma do Projeto

Descrição	Duração	Início	Fim
Projeto Implementação AllTracking (Software de Visibilidade da Operação de Fretes)	195 dias	03/09/2018	13/06/2019
Preparação inicial	1 dia	03/09/2018	03/09/2018
Fase I - Portal	30 dias	03/09/2018	16/10/2018
Período de estabilidade	8 dias	17/10/2018	26/10/2018
Fase II - Integração com SAP	29 dias	05/11/2018	14/12/2018
Período de estabilidade	13 dias	07/12/2018	04/01/2019
Fase III - Cálculos / Alertas	77 dias	21/01/2019	10/05/2019
Reunião para levantamento das necessidades	3 dias	21/01/2019	23/01/2019
Realização	43 dias	07/02/2019	10/04/2019
Desenvolvimento	15 dias	07/02/2019	27/02/2019
Cálculo de multas baseado em ocorrências/atraso	2 dias	07/02/2019	08/02/2019
Geração de nota de débito diferenciada para o cenário de multas	2 dias	11/02/2019	12/02/2019
Funcionalidade alerta de atrasos	3 dias	03/02/2019	15/02/2019
Controle da rastreabilidade sem AllTracking	8 dias	18/02/2019	27/02/2019
Testes unitários	2 dias	14/03/2019	15/03/2019
Testes integrados	13 dias	15/03/2019	10/04/2019
Preparação final	1 dia	11/04/2019	11/04/2019
Ponto de corte	1 dia	11/04/2019	11/04/2019
Início da operação e Suporte	5 dias	12/04/2019	18/04/2019
Início da operação	1 dia	12/04/2019	12/04/2019
Suporte pós início da operação	5 dias	12/04/2019	18/04/2019
Treinamento	1 dia	15/04/2019	15/04/2019
Período de estabilidade	10 dias	22/04/2019	03/05/2019
Desenvolvimento adicional - Ajuste tela fatura	19 dias	15/04/2019	10/05/2019
Desenvolvimento	9 dias	15/04/2019	26/04/2019
Testes integrados	5 dias	29/04/2019	03/05/2019
Ponto de Corte	1 dia	09/05/2019	09/05/2019
Início da operação	1 dia	10/05/2019	10/05/2019
Fase IV - Relatórios / Indicadores	29 dias	06/05/2019	13/06/2019
Reunião para levantamento das necessidades	3 dias	06/05/2019	08/05/2019
Reunião de definição	2 dias	06/05/2019	07/05/2019
Elaboração de documentação	0,5 dias	08/05/2019	08/05/2019
Validação das necessidades apuradas	0,5 dias	08/05/2019	08/05/2019

Fonte: autora (2019).

4.4.1 Status atual da implementação

Pode-se dizer que o desenvolvimento da solução está concluído. O aplicativo desenvolvido está em funcionamento e as interfaces e registros dos dados no SAP foram

concluídos. Os cálculos de multas por atraso e os alertas de entregas que estão com probabilidade de atrasarem também estão em funcionamento.

Na Fase 4 havia-se planejado utilizar o SAP Fiori (plataforma do SAP para gráficos), porém, devido ao lento desenvolvimento e a problemas da área de infraestrutura da própria empresa, optou-se por utilizar o recurso do Power BI para apresentar os *dashboards*, solução da Microsoft® e gratuita, o que possibilitou uma melhoria na forma de apresentação gráfica dos *dashboards*. Outro ponto que era um desejo no início do projeto e que já foi concluído é a replicação dos dados das entregas para os clientes. Essa etapa foi conduzida pela área comercial, tendo a equipe da torre de controle de fretes como apoio.

O ponto crítico da implementação da solução foi a mudança cultural dos fornecedores de frete. Para aqueles que já tinham a prática de utilizar APPs para realizar a baixa das entregas no local das mesmas, isso não foi um problema. Porém, muitos dos parceiros utilizados não tinham essa prática e se mostraram resistentes à mudança. Nesse momento, foi envolvida a área de compras, sendo informado aos fornecedores que este ponto passaria a ser uma premissa para atendimento do conglomerado das empresas estudadas. A partir disso, foi criado um cronograma em que cada fornecedor informou um prazo para adaptação e, com o vencimento desse prazo, passou a ser aplicada a trava de pagamento de fretes sem a ocorrência de entrega realizada online.

4.5 AVALIAÇÃO

As empresas estudadas atualmente são medidas pelo seu desempenho em blocos: produtivo, logístico, financeiro e desempenho organizacional. No que se refere ao desempenho logístico, os indicadores existentes são descritos no Quadro 6.

Quadro 6– Indicadores logísticos atuais

Indicador	Métrica	Objetivo	Meta
Performance de entrega nos clientes do mercado OEM	Entregas realizadas no prazo/ total de entregas do mercado OEM	Garantir as entregas de acordo com a necessidade do cliente	100%
Fretes especiais mercado OEM	Valor da diferença entre frete especial e o frete convencional	Controlar custos extras com fretes especiais	Zero
Acuracidade Inventário	Valor de inventário/ valor do estoque no sistema	Garantir a disponibilidade dos produtos	100%
OTIF (<i>On time in full</i> / pedidos completos)	Pedidos expedidos completos / total de pedidos expedidos	Medir o desempenho desde a colocação do pedido até a emissão da NF	88%

Fonte: autora (2019).

Os resultados esperados, brevemente descritos na fase de planejamento, necessitam ser mensuráveis. Considera-se a rastreabilidade como uma ferramenta de controle e otimização capaz de contribuir com a melhoria dos dados estatísticos, conduzindo a decisões mais rápidas e assertivas. Dessa forma, após analisar os indicadores existentes (Quadro 6), sugeriu-se a criação de novos indicadores (Quadro 7). Os mesmos foram divididos em cinco quadrantes, conforme o tema: i) consumo; ii) operação de transporte; iii) qualidade de entrega; iv) financeiro; e v) maturidade. Será possível analisar os indicadores do Quadro 7 com os filtros: i) direção (*inbound, outbound*); ii) empresa; iii) filial; iv) transportadora; v) cliente/fornecedor; ou vi) período (data).

Quadro 7– Melhoria esperada x Indicador

(continua)

Quadrante	Melhoria esperada	Indicador	Tipo	Descrição Indicador
Consumo	Informação para apoiar na tomada de decisão	Consumo por empresa	Informativo	Esse indicador mostra o valor gasto com transporte por empresa dentro do período selecionado
		Representatividade por transportadora	Informativo	Mostra o valor gasto com transporte segregado por transportadora dentro do período selecionado
		Representatividade por operação	Informativo	Esse indicador mostra o valor gasto com transporte segregado por tipo operação (entrada, saída) dentro do período selecionado.
		Frete tonelada	Informativo	Esse indicador mostra o valor médio gasto por tonelada transportada geral e segregado por UF
Operação de Transporte	Melhora do nível de serviço das transportadoras	Entregas no prazo	Desempenho	Percentual de entregas realizadas dentro do prazo cadastrado no percurso
		Entregas em atraso	Desempenho	Percentual de entregas realizadas fora do prazo cadastrado no percurso
		Entregas em andamento no prazo	Desempenho	Percentual de entregas em andamento que estão dentro do prazo
		Entregas em andamento em atraso	Desempenho	Percentual de entregas em andamento que estão em atraso
		Entregas não iniciadas	Desempenho	Mostra o percentual das notas fiscais coletadas na empresa, mas que ainda não estão vinculadas a um conhecimento de embarque

(conclusão)

Qualidade de Entrega	Melhora do nível de serviço das transportadoras	Performance de entregas realizadas dentro do prazo por transportadora	Desempenho	Esse indicador mede a performance de entrega das transportadoras, através da métrica entrega realizadas no prazo / total de entregas do período
		Média de atraso (dias)	Desempenho	Mostra a média de dias de entregas em atraso por transportadora
		Ocorrências no transporte	Desempenho	Esse indicador plota (em quantidade) as ocorrências do período selecionado, as quais são estratificadas por tipo e podem ser analisadas por região, rota, transportadora etc.
Financeiro	Redução de custos na empresa	Status pagamento	Financeiro	Esse indicador mostra a performance de pagamento dos conhecimentos através da métrica, quantidade de conhecimentos pagos no prazo / total de conhecimentos do período
		Prazo médio de pagamento por transportadora	Financeiro	Calcula o prazo médio de pagamento por transportadora (em dias)
		Performance aderência tabela de transporte	Financeiro	Esse indicador mostra o percentual de assertividade da cobrança da transportadora
		Nota débito por transportadora	Financeiro	Esse indicador mostra o valor referente às Notas de débitos por transportadora (geradas por multa de atraso de entrega e por divergência de cobrança)
		Diárias nos clientes	Financeiro	Mostra o valor gasto por mês com diárias nos clientes (absoluto e relativizado pelo número de entregas efetuadas no período analisado)
		Diárias nas dependências das empresas	Financeiro	Mostra o valor gasto por mês com diárias nas dependências das empresas (absoluto e relativizado pelo número de entregas efetuadas no período analisado)
Maturidade	Evolução da área logística	Índice de maturidade da logística	Desempenho	Mostra o nível de maturidade logística da empresa (conforme escala de Sterneald, 2018)

Fonte: autora (2019).

Os indicadores descritos anteriormente permitem analisar a evolução da área logística das empresas estudadas e apoiar a tomada de decisões. No Quadro 8 estão descritos os resultados obtidos no primeiro mês após a implementação da solução de rastreabilidade de fretes no quadro a seguir.

Quadro 8– Indicadores pós implementação

(continua)

Quadrante	Melhoria esperada	Indicador	Padrão desejado	Outubro – 2019		
Consumo	Informação para apoiar na tomada de decisão	Consumo por empresa	N/A	Total - R\$ 11,1 M Empresa A- 4,4 M; Empresa B- 0,03 M; Empresa C-3,0 M; Empresa D-1,4 M; Empresa E- 1,5 M; Empresa F- 0,3 M; Empresa G- 0,1 M.		
		Representatividade por transportadora	N/A	Transportadora A - 55,97% Transportadora B - 5,4% Transportadora C -4,99% Transportadora D - 3,38 Demais Transportadoras - 30,26%		
		Representatividade por operação	N/A	Frete Outbound - 53,95% Frete Inbound - 35,12% Frete Transferência - 10,93%		
		Frete tonelada	N/A	Detalhamento de valor de frete por tonelada e % de frete sob valor da NF por UF.		
				Estado	R\$/Tonelada	% frete sob NF
				AC	R\$ 2.322	9,41%
				AP	R\$ 1.521	13,18%
				PI	R\$ 1.510	4,24%
				AM	R\$ 1.175	6,80%
				PA	R\$ 1.045	9,76%
				MG	R\$ 921	8,04%
				TO	R\$ 911	3,84%
				RO	R\$ 877	3,17%
				RN	R\$ 857	2,98%
				PB	R\$ 855	4,02%
				CE	R\$ 850	2,93%
				PE	R\$ 846	4,59%
	SE	R\$ 825	3,01%			
	BA	R\$ 811	7,75%			
	ES	R\$ 746	3,17%			
	DF	R\$ 746	4,20%			
	MG	R\$ 661	3,62%			
	PR	R\$ 578	5,42%			
	GO	R\$ 490	1,25%			
	SC	R\$ 418	3,20%			
	SP	R\$ 412	2,72%			
	RJ	R\$ 342	2,42%			
	RS	R\$ 210	3,89%			

(conclusão)

Operação de Transporte	Melhora do nível de serviço das transportadoras	Entregas no prazo	95%	89%
		Entregas em atraso	5%	11%
		Entregas em andamento no prazo	N/A	Acompanhamento diário das entregas que estão sendo entregues.
		Entregas em andamento em atraso	N/A	Acompanhamento diário das entregas que estão sendo entregues.
		Entregas não iniciadas	N/A	Acompanhamento diário das entregas que estão sendo entregues.
Qualidade de Entrega	Melhora do nível de serviço das transportadoras	Performance de entregas realizadas dentro do prazo por transportadora	95%	89%
		Média de atraso (dias)	1 dia	3 dias
		Ocorrências no transporte	N/A*	98,5% entregas finalizadas 1% entregas finalizadas com ocorrência de avaria 0,5% entregas realizadas com ocorrência de molhadura
		Ocorrências por transportadora	N/A	Indicador igual o anterior, porém aberto por fornecedor de transporte.
Financeiro	Redução de custos na empresa	Status pagamento	90% em dia	88% em dia
		Prazo médio pagamento por transportadora	60 dias	45 dias
		Performance aderência tabela de transporte	90%	92%
		Nota débito por transportadora	Zero	R\$ 57.387
		Diárias nos clientes	Zero	R\$ 1.500 (absoluto)
				R\$ 0,37 (por entrega)
Diárias nas dependências das empresas	Zero	R\$ 5.000 (absoluto)		
		R\$ 1,25 (por entrega)		
Maturidade	Evolução da área logística	Índice de maturidade da logística	Nível 5	Nível 2 a 4

*Devido às informações de ocorrências serem recentes, ainda não foi possível estabelecer uma meta para cada tipo de ocorrência.

Fonte: autora (2019).

Os indicadores apresentados no quadrante consumo permitiram que as empresas conheçam e que seja possível quantificar a sua operação de fretes, possibilitando assim decisões assertivas e monitoramento eficaz. Já o quadrante de operação de transporte permite de forma

rápida acompanhar a performance dos fornecedores de transporte, avaliando o nível de suas entregas e permitindo que sejam tomadas ações proativas que antecedam o desabastecimento ou até mesmo entregas nos clientes. Visando acompanhar a qualidade das entregas e mensurar as entregas que ocorrem dentro do prazo com a qualidade esperada, foram criados os indicadores do quadrante ‘qualidade de entrega’, os quais proporcionam a medição do nível de qualidade doo serviço prestado pelos transportadores. Os indicadores do quadrante financeiro têm como objetivo a redução de custos, mas também demonstram como está o compromisso das empresas estudadas com o pagamento do serviço prestado. O comprometimento dos parceiros também é avaliado com o indicador de aderência à tabela de fretes, que demonstram se os serviços estão sendo cobrados conforme negociados. O indicador ‘retorno financeiro para as empresas estudadas’ é o de nota de débito. Esse indicador tem o objetivo de aplicar multas às transportadoras devido ao não cumprimento do prazo de entrega previamente acordado. Percebe-se que existe um grande trabalho a ser realizado com os parceiros para garantir que os prazos acordados sejam cumpridos, melhorando a eficácia da cadeia de suprimentos.

4.5.1 Avaliação da maturidade da logística 4.0 após a implementação do modelo

No que se refere à maturidade da logística 4.0, seguindo o modelo de Sternald et al. (2018) e avaliando o conglomerado de empresas estudados após a implementação do modelo de rastreabilidade no transporte nos subsistemas logística de compras, logística interna, logística de distribuição e pós-vendas, foram obtidos os resultados apresentados no Quadro 9. Esta avaliação foi realizada através de reunião com os gestores das áreas de logística e vendas de cada empresa e compras corporativas.

Quadro 9– Classificação dos níveis de maturidade logística por empresa pós implementação

Quesito	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Empresa E	Empresa F	Empresa G	Média Geral
Logística de Compras	2	2	2	2	2	2	2	2
Logística Interna	3	4	3	3	4	3	3	3
Distribuição	4	4	4	4	4	4	4	4
Pós-Vendas	2	2	2	2	2	2	2	2

Fonte: autora (2019).

O quesito distribuição teve um avanço devido à implementação do projeto desta dissertação. O grupo de empresas estudadas passou do nível 1 para o nível 4, pois foi implementado um sistema de troca de dados automatizado com os fornecedores de transporte, o qual replica as informações obtidas para os clientes. Conforme feito previamente à implementação do modelo de rastreabilidade, foi ilustrado novamente o nível de maturidade logístico consolidado por meio da adaptação da figura de Sternad et al. (2018), buscando ilustrar de forma gráfica em qual ponto da evolução logística as empresas estudadas se encontram após a implementação do modelo de rastreabilidade no transporte. Os resultados obtidos estão apresentados na Figura 18.

Figura 18– Status dos subsistemas logísticos e níveis da logística 4.0 pós implementação



Fonte: autora (2019).

Percebe-se uma significativa evolução no quadrante de distribuição, o qual foi o foco do presente estudo. Entretanto, nos demais quadrantes não houve evoluções nesse período. Assim, pode-se afirmar que, no que tange à logística 4.0, houve um avanço no conglomerado de empresas estudadas, que passou de um nível de maturidade de 1 a 3 para um nível de maturidade de 2 a 4, dependendo do subsistema considerado.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo foi desenvolvido com o intuito de atender o objetivo principal de propor um modelo de rastreabilidade das operações de transporte aplicável às empresas de manufatura de um conglomerado de empresas metalúrgicas localizadas em Caxias do Sul, bem como avaliar o nível de maturidade logística em que as empresas se encontram. Para atingir esses objetivos, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, em que foram analisados estudos já desenvolvidos na área de rastreabilidade em transporte e foram avaliados modelos já existentes nessa área.

O referencial teórico também possibilitou identificar modelos de rastreabilidade previamente desenvolvidos, descrever as principais características desses modelos e avaliar a aplicabilidade dos modelos, destacando suas potencialidades e limitações. Com base na literatura pesquisada, foi possível identificar que não há registros de um sistema de rastreabilidade no serviço de frete pronto para comercialização. Com isso, chegou-se à conclusão de que a melhor opção para as empresas estudadas seria desenvolver um próprio modelo que atendesse às suas expectativas e respeitasse suas restrições.

Para atentar ao objetivo de definir um modelo de rastreabilidade aplicável ao grupo de empresas estudadas, detalhando sua lógica de funcionamento e sua forma de implementação, foi criado um grupo de trabalho interdisciplinar envolvendo as áreas de logística, TI e o fornecedor de software. Foram também realizadas visitas de benchmarking, bem como pesquisas sobre modelos de rastreabilidade e tecnologias aplicadas à logística.

Concluída essa etapa, iniciou-se o trabalho de construção do modelo, que durou cerca de 9 meses. Desenvolvido o modelo, o mesmo foi aplicado às empresas, sendo analisados os resultados obtidos. Essa etapa ainda se encontra em processo de maturação, sendo que, para sua completa implementação é necessária uma efetiva parceria com os fornecedores de transporte e, até o presente momento, a empresa tem enfrentado resistência por parte de alguns fornecedores. Esse ponto tem sido o mais crítico no decorrer do projeto e, como solução para o problema, estão sendo conduzidas novas negociações com os fornecedores de transporte.

Quanto ao nível de maturidade da logística 4.0 nas empresas estudadas, foi possível identificar e comparar o nível de maturidade logística prévia e posteriormente à implementação do projeto. Com essa comparação, foi possível identificar o avanço no subsistema distribuição, bem como evidenciar diferentes estágios entre diferentes subsistemas do modelo. Isso

possibilitou que os gestores visualizassem as áreas que necessitam de uma maior concentração de esforços para que seja possível elevar o nível da logística nas empresas.

Ficou evidenciado nos resultados do trabalho que, previamente à implementação do modelo de rastreabilidade das operações de transporte, havia uma carência muito grande de informações, uma vez que a maioria dos indicadores desenhados foram possíveis de medir somente após a implementação. Com isso, a comparação dos dados antes e após a implementação não foi tão rica, em que pesem as evidências da importância do projeto e de seus potenciais resultados.

No que tange ao retorno financeiro do projeto, o indicador com maior relevância é o de multas por atrasos de entregas geradas pelos fornecedores. Nesse primeiro mês já se obteve um resultado de R\$ 57.387,00. Considerando o volume transportado, estima-se que, no fechamento de um ano de projeto, a empresa obtenha uma economia de R\$ 684.000,00, para um investimento de R\$ 220.000,00. Considerando *payback* simples, o retorno do investimento deste projeto ocorreu em quatro meses.

5.1 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS

Como primeira limitação do estudo, é importante mencionar que o modelo foi criado com base na operação existente nas empresas estudadas, analisando os fluxos, sistemas envolvidos e restrições das mesmas. Em função disso, há uma limitação para que o mesmo seja aplicado em outras empresas. Para realizar a implementação do modelo em outras empresas, seria necessária uma análise prévia de suas operações de transporte.

Outra limitação que deve ser considerada é a coparticipação dos fornecedores. Nesse sentido, é necessário amarrar a premissa de utilização do APP no momento da contratação dos serviços para que não haja dúvidas das responsabilidades de cada parte.

REFERÊNCIAS

- ALFIAN, G. RHEE, J. Integration of RFID, wireless sensor networks, and data mining in na e-pedigree food traceability system. *Journal of Food Engineering*, v. 212, p. 65-75, 2017.
- ANI, Uchenna p.; HE, Hongmei; TIWARI, Ashutosh. Manufacturing Review of cybersecurity issues in industrial critical infrastructure: manufacturing in perspective. *Journal of Cyber Security Technology ISSN*, p 32-74, 2017.
- ARAÚJO, A.C. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. *Em Questão*, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Gestão da qualidade garantia da qualidade*. Terminologia - NBR ISO 8402. Rio de Janeiro, 1994.
- AZEVEDO, Marcelo Teixeira de. *Transformação Digital na Indústria: Indústria 4.0 e a Rede de Água Inteligente no Brasil – 2016 177f*. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, 2016.
- BALLOU, R. H. The evolution and future of logistics and supply chain management. *European Business Review*, v. 19, n. 4, p. 332-348, 2007.
- BECHEIKH, N. LANDRY, R & AMARA, N. Lessons from innovation empirical studies in the manufacturing sector: A systematic review of the literature from 1993–2003. *Technovation*, v. 26, p 5–6, 2006.
- BERQUIST, B. Traceability in iron ore processing and transports. *Minerals Engineering*, v. 30, p 44-51, 2012.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. *Logística Empresarial: O processo de integração da cadeia de suprimentos*. São Paulo: Atlas, 2009.
- CAMPOS. R. R.M; Gestão de estoques com rastreabilidade em materiais. *Revista e Ciências Gerenciais*, v.12, p 177-194, 2008.
- ÇEMBERI, M. CIVELEK, M. The Moderator Effect of Global Competitiveness Index on Dimensions of Logistics Performance Index. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 195, p 1514 – 1524, 2015.
- CHONQWATPOL, J. SHARDA, R. RFID-enabled track and traceability in job-shop scheduling environment. *European Journal of Operational Research*, v. 227, p 453-463, 2013.
- COELHO, Pedro Miguel. *Rumo à Indústria 4.0*. 2016 63 f. Tese (mestrado em engenharia) - Universidade de Coimbra, departamento de engenharia mecânica, 2016.
- FICHER, Christian; LUSIC, Mario; FALTUS, Florian; HORNFECKB, Rüdiger; FRANKEA, Jörg. Enabling live data controlled manual assembly processes by worker information system and nearfield localization system. *Procedia CIRP*, p 242 – 247, 2016.

- FRAMLING, K. HINKKA, V. Assessment of Standards for Inter-organizational Tracking Information Exchange in the Supply Chain. *IFAC Proceedings Volumes*, v. 45, n. 6, p. 661-666, 2012.
- GARCIA, L.R. STEINBERGER, G. A model and prototype implementation for tracking and tracing agricultural batch products along the food chain. *Food Control*, v.21, p 112-121, 2010.
- GAUTAM, R. SINGH, A. Traceability using RFID and its formulation for a kiwifruit supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, v. 103, p 46-58, 2017.
- GONÇALVES, P. Proposta de implementação da indústria 4.0 na área de logística. Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville, 2016.
- HOFMANN, Erik; RÜSCH, Marco. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers In Industry*, v. 89, p. 23-34, 2017.
- JURAN, J. M; GRZYNA, F. M. *Controle da Qualidade: Handbook*. São Paulo: Makron Books, 1991.
- KAGERMANN, Henning; WAHLSTER, Wolfgang; HELBIG, Johannes. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. *ACATECH* – 2013.
- KEISER, J., UTZINGER, J. Trends in the core literature on tropical medicine: a bibliometric analysis from 1952-2002. *Scientometrics*, v. 62, p. 351-365, 2005.
- LOUW, L. WALKER, M. Design and implementation of a low cost RFID track and trace system in a learning factory. *Procedia manufacturing* , v.23, p 225-260, 2018.
- MACHADO, J. G. C. F.; NANTES, J. F. D. A visão institucional do processo de rastreabilidade da carne Bovina. In: *Anais do Congresso Luso Brasileiro de tecnologias e comunicação na agropecuária*. Santarém, 2004.
- MAINETTI, L. PATRONO, L. An innovative and low-cost gapless traceability system of fresh vegetable products using RF technologies and EPCglobal standard. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 98, p 146-157, 2013.
- MASLARIĆ, M.; NIKOLIČIĆ, S.; MIRČETIĆ, D. Logistics Response to the Industry 4.0: the Physical Internet. *Open Engineering*, v. 6, n. 1, p. 2391-5439, 2016.
- MORENAS, J. GARCÍA, A. Prototype traceability system for the dairy industry. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 101, p 34-41, 2014.
- MOURA, A. GAZONI, F. A influência de fatores individuais no conhecimento sobre o plano de gestão de logística sustentável. *Revista de gestão do UniLasalle*. Canoas, v.5, n.2, jul 2016
- NAZARIO. A Importância de Sistemas de Informação para a Competitividade Logística. *Revista Tecnológica*, 1999.
- NETO, G, A.; AUMONDE, T. Rastreabilidade aplicada à produção de sementes de soja. *Informativo Abrates*, v. 22, n. 2, p. 20-24, 2012.
- NIST. NIST Big Data Interoperability Framework: *Definitions* - 2015

- OBITKO, M.; JURKOVSKY, V. Big data semantics in industry 4.0. In: MAŘÍK, V.; SCHIRRMANN, A.; TRENTESAUX, D., VRBA, P. (eds). *Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems*. HoloMAS 2015. Lecture Notes in Computer Science, v. 9266, Springer.
- OESTERREICH, Thuy Duong; TEUTEBERG, Frank. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry* – 2016.
- PEROVANO, D. G. *Manual de metodologia da pesquisa científica*. Curitiba: InterSaberes, 2016.
- PINTO, C. *A rastreabilidade no contexto da Gestão da qualidade*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2016.
- PIZZUTTI, T. MIRABELLI, G. Food Track & Trace ontology for helping the food traceability control. *Journal of Food Engineering*, v.120, p 17-30, 2014.
- PIZZUTTI, T. MIRABELLI, G. The Global Track&Trace System for food: General framework and functioning principles. *Journal of Food Engineering*, v.159, p 16-35, 2015.
- POLI, A. SAVIANI, T. Logística 4.0: uma revisão sistemática. *Logistics Challenges in the new economy: Sharing and interconnected industry*. V.2, p 4-5, 2018
- QIAN, J. YANG, X. A traceability system incorporating 2D barcode and RFID technology for wheat flour mills. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.89, p 76-85, 2012.
- RIBEIRO, P. FERREIRA, K. Logística e transportes: uma discussão sobre os modais de transporte e o panorama brasileiro. In: *Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP*. Curitiba, 2002.
- RODRIGUES, Vinícius Picanço; ZANCUL, Eduardo de Senzi; GONÇALVES, Cauê; GIORDANO, Caio Mezzeti; SALERNO, Mario Sergio. *Manufatura aditiva: estado da arte e framework de aplicações*. *Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, 2017.
- RÜßMANN, Michael; LORENZ, Markus; GERBERT, Philipp; WALDNER, Manuela; JUSTUS, Jan; ENGEL, Pascal; HARNISCH, Michael. *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. *Boston Consulting Group* – 2015
- SHANKAR, R. GUPTA, R. Modeling critical success factors of traceability for food logistics system. *Transportation Research Part E*, v. 119, p 205-222, 2018.
- SCHEINEDER, J. *Medição do nível de maturidade do uso de tecnologia em um ambiente da indústria 4.0*. UCS, 2018.
- SHI, J. LI, Y. SecTTS: A secure track & trace system for RFID-enabled supply chains. *Computers in Industry*, v. 63, p 574-585, 2012.
- STERNED, M. LERHER, T. GAJSEK, B. Maturity levels for logistics 4.0 based on News industry 4.0 maturity model. *Business logistics in modern management*. v.18, p 695-708, 2018.

- SZLAPKA, J. STACHOWIAK, A. The framework of logistics 4.0 maturity model. *18^o international scientific conference bussiness logistics in modern management*.2018.
- TARJAN, L. SENK, I. A readability analysis for QR code application in a traceability system. *Computers Electronics in Agriculture*, v. 109, p- 1- 11, 2014.
- THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- TRANSFIELD, D. DENYER, D., & PALMINDER, S. Towards a methodology for developing evidenceinformed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, v. 14, p. 207–222, 2003.
- TRIPP, D. Action research: a methodological introduction. *Educação e Pesquisa*, v. 31, p. 443–466, 2005.
- TUEGEL, EJ.; INGRAFFEA, AR.; EASON, TG.; SPOTTSWOOD, SM. Reengineering aircraft structural life prediction using a digital twin. *International Journal of Aerospace Engineering*, 2011
- WITKOWSKI, K. Internet of things, big data, industry 4.0 inovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia engineering*, v. 182, p. 763-769, 2017.
- WU, Yen-chun Jim; HUANG, Shiping Kevin; GOH, Mark; HSIEH, Ying-Jiun. Global logistics management curriculum: perspective from practitioners in Taiwan. *Supply Chain Management: An International Journal*. V, 18, p. 376-388, 2013.
- ZHONG, R. DAI, Q. RFID-enabled real-time manufacturing execution system for mass-customization production. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v.29, p. 283-292, 2013.
- ZHU, X. MUKHOPADHYAY, S. A review of RFID technology and its managerial applications in different industries. *J. Eng. Technol. Manage*, v. 29, p. 52-167, 2012.

APÊNDICE A – ANÁLISE DOS ARTIGOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA

Título do Artigo	Autores	Temática	Objetivos	Contribuições
A model and prototype implementation for tracking and tracing agricultural batch products along the food chain	Ruiz-Garcia, Steinberger e Rothmund (2010)	Desenvolvimento de um sistema para rastrear as informações através da cadeia de suprimentos alimentícia na Europa.	Projetar um sistema que permita que cada membro da cadeia de suprimentos adicione suas informações, buscando atender os requisitos legais.	Os autores definem três questões cruciais para o sucesso de um sistema de rastreabilidade: a) compatibilidade; b) padronização de dados e c) definição de um recurso rastreável. Buscar maneiras flexíveis de acesso a informação e usuais os usuários finais.
A review of RFID technology and its managerial applications in different industries	Zhu, Mukhopadhyay e Kurata (2012)	Revisão abrangente da literatura sobre pesquisa em RFID.	Destacar a importância da tecnologia RFID e sua aplicação em sistemas de resposta rápida.	Avaliar o valor agregado que a tag (RFID) traz para a organização, e não o custo dela como uma etiqueta. Isto é válido para quaisquer ferramentas de rastreabilidade. Ressaltam sete fatores críticos para implantar sistemas de rastreabilidade baseado e RFID: a) Forte motivação interna e externa para melhoria, b) desejo de manter-se a par de tecnologia de alta competitividade, c) buscar uma implementação cruzada c) evitar mudanças de processo, d) definir um escopo piloto e) facilitar o investimento do fornecedor, f) utilizar tags reutilizáveis, g) transferir o conhecimento de sala de aula para a indústria.
Traceability in iron ore processing and transports	Bergquist (2012)	Estudo de caso de aplicação de rastreabilidade para processos contínuos.	Descrever as dificuldades e possíveis soluções para os problemas detectados, no processo de rastreabilidade do processamento de minerais.	Os autores afirmam que a rastreabilidade no processo de distribuição é mais complexa devido ao paradigma de uma malha de distribuição. Sugerem avaliar detalhadamente o processo que será aplicado a rastreabilidade para evitar que eventos críticos sejam determinísticos no novo processo.

SecTTS: A secure track & trace system for RFID-enabled supply chains	Shi, Li, (2012)	Aplicação de uma proposta de ferramenta para troca de informações de rastreabilidade na cadeia de suprimentos.	Projetar e implementar uma rede de comunicação segura baseada em padrões de troca de informações.	Descreve a arquitetura e algoritmos utilizados no desenvolvimento da ferramenta. Enfatiza a importância da segurança digital na troca de dados.
A traceability system incorporating 2D barcode and RFID technology for wheat flour mills	Qian, Yang, (2012)	Busca maximizar a eficiência da rastreabilidade para moinhos de farinha de trigo na China.	Estabelecer um sistema de rastreabilidade para moinhos de farinha de trigo, combinado aplicações de código de barras 2D e tecnologia RFID.	Demonstra a fragilidade quando a rastreabilidade depende de uma leitura, pois não há garantia de que 100% das etiquetas serão lidas. Ressalta a correlação da rastreabilidade do produto com a redução de custos de recall. Propõe um sistema web, combinando leituras de código 2D com etiquetas RFID durante o processo de fabricação da farinha de trigo.
Assessment of Standards for Inter-organizational Tracking Information Exchange in the Supply Chain	Främling, Hinkka, (2012)	Estudo baseado em linguagens padronizadas para comunicações entre empresas	Analisar e compreender as razões pelas quais os EPCIS ainda não se tornaram universal, bem como se e quando eventualmente se tornará.	Enfatiza o uso do EDI como método já consolidado para troca de informações de forma padronizada entre as organizações. O ECIS fornece uma interface padrão para armazenagem e acesso a dados. Porém enfatiza a dificuldade de utilizar este método pois as empresas podem não estar dispostas a compartilhar suas informações com os demais, uma vez que as informações ficam disponíveis para todos na plataforma.
An innovative and low-cost gapless traceability system of fresh vegetable products using RF technologies and EPCglobal standard	Mainetti, Patrono, (2013)	Discute a rastreabilidade em um nível sem falhas em uma empresa italiana de legumes frescos.	Implementar um modelo de rastreabilidade sem falhas da semente até a prateleira.	Apresenta um modelo combinado leitura manual de informações, etiquetas 2D, RFID, e transmissão de dados de forma padronizada. Demonstram a dificuldade de implantar tecnologias em equipes mais experientes e que acreditam ter o domínio técnico.
RFID-enabled real-time manufacturing execution system for mass-customization production	Zhong, Dai, (2013)	Rastreabilidade do processo fabril, através da conexão do MÊS atualizando	Propor um sistema de manufatura em tempo real habilitado através	Demonstra a dificuldade com a resistência dos operadores, desafios técnicos ligados a comunicação da rede sem

		dados em tempo real.	de RFID e conectado ao MES, incluindo coleta de dados em tempo real, cronogramas reais, bem como o caminho percorrido na produção.	fiu. Compara a eficiência de um sistema com coleta de dados automática com um manual como planilhas preenchidas por operadores. E o benefício que este primeiro traz para a organização.
RFID-enabled track and traceability in job-shop scheduling environment	Chonqwatpol, Sharda, (2013)	Utilização de RFID em operações de fabricação	Examinar como a rastreabilidade por meio de RFID pode facilitar as atividades de agendamento de produção de job shop e sob quais configurações de visibilidade de informações podem agregar valor a uma organização.	Ressalta a eficácia da coleta de dados de maneira automática. Testa o desempenho da programação de produção baseada em visibilidade da informação, contra o clássico FIFO.
A readability analysis for QR code application in a traceability system	Tarjan, Senk, (2014)	Sugere a implementação de um sistema baseado em código 2d para cadeias de suprimentos alimentícias.	Desenvolver um sistema universal de rastreabilidade de produtos alimentícios, que poderia ser aplicado na maioria das cadeias de suprimentos alimentares.	Apresenta uma solução simples e barata que pode ser lida através de diversos equipamentos de leitura de código, facilitando assim a disseminação na cadeia de suprimentos. Utilização de aplicativos através de celulares para leitura dos dados. Dificuldade de aplicação de códigos 2d devido a fragilidade a erros de impressão.
Prototype traceability system for the dairy industry	Morenas, García, (2014)	Apresenta um sistema de rastreabilidade na indústria de laticínios através de sensores.	Desenvolver um sistema para garantir a qualidade do leite a partir do processo de coleta na fazenda.	Demonstra a rastreabilidade de um processo em movimento através de caminhões, disponibilizando através de etiquetas RFID as coordenadas geográficas, temperatura do leite. Apresenta como fator crítico a integração dos sensores eletrônicos com o subsistema e as baterias dos veículos. Sugere para próximos estudos a inclusão de tecnologia 3G para fornecer a informação em tempo real conforme o veículo se desloca.

Food Track & Trace ontology for helping the food traceability control	Pizzuti, Mirabelli, (2014)	Rastreabilidade na cadeia alimentícia para apoiar os controles de qualidades exigidos.	Apresentar um método para facilitar a identificação do surto de origem alimentar em um curto espaço de tempo.	Ressalta que com as novas tecnologias e a disseminação da internet a rastreabilidade de processos ficou mais fácil e clara. A importância de possuir base de dados para defesas ou comprovações posteriores para garantir a segurança alimentar.
The Moderator Effect of Global Competitiveness Index on Dimensions of Logistics Performance Index	Çembercia, Civeleka, (2015)	Demonstrar a avaliação do desempenho logístico.	Garantir a avaliação de um país que está sendo colocado no topo do ranking global de competição sobre suas dimensões de desempenho logístico.	Índice de desempenho logístico - pesquisa de questionário realizada através da participação de instituições e corporações sob o banco mundial. Os questionários são distribuídos a empresas de 130 países. Demonstra a importância das empresas terem dados sobre suas operações logísticas para poderem realizar avaliações internas e externas assim como o índice de desempenho logístico.
The Global Track&Trace System for food: General framework and functioning principles	Pizzuti, Mirabelli, (2015)	Implantação de um GTT na cadeia alimentar facilmente adaptável.	Apresentar as metodologias utilizadas no processo de concepção e desenvolvimento de um sistema de rastreabilidade de produtos alimentares.	Apresenta um método de implantação capaz de ser utilizado em vários outros setores. Apresenta vantagens competitivas obtidas com a implantação de um sistema de rastreabilidade. Mostra a dificuldade de comunicação entre as organizações, e as dificuldades de implantação interna.
Traceability using RFID and its formulation for a kiwifruit supply chain	Gautam, Singh, (2017)	Rastreabilidade atravessando a cadeia de suprimentos do kiwi.	Desenvolver uma metodologia para alocar o mais favorável "pack house" e "cool store" para um produtor e maço respectivamente.	Busca minimizar o custo envolvido na cadeia do kiwi, coletando as informações através de etiquetas RFID. E com estes dados propõe um algoritmo de otimização de programação.
Integration of RFID, wireless sensor networks, and data mining in an e-pedigree food traceability system	Alfian, Rhee, (2017)	Desenvolvimento de um sistema de rastreabilidade combinando várias tecnologias para coleta dos dados.	Propõe um sistema de rastreabilidade integrado baseado em RFID, WSN e técnica de mineração de dados para a cadeia de suprimentos	Conceito de pedigree eletrônico, abordagem de compartilhamento de dados, trilha de auditoria que registra o caminho e a propriedade de um produto e seu movimento ao longo da cadeia de suprimentos. Sistema

			alimentícios na Coréia.	baseado na web, de acesso simples.
Modeling critical success factors of traceability for food logistics system	Shankar, Gupta, (2018)	Avaliar a implantação de rastreabilidade	Identificar fatores críticos de sucesso para implementação de rastreabilidade.	Enfatiza para demonstrar para as partes interessadas a importância de cada uma dentro do processo. Outro fator crítico de sucesso salientado é a existência de múltiplos stakeholders.
Design and implementation of a low cost RFID track and trace system in a learning factory	Louw, Walker, (2018)	Contexto da indústria 4.0 de como as informações coletadas, podem auxiliar na tomada de decisões	Desenvolver e implementar um sistema de rastreamento RFID de baixo custo para aplicações fabris.	Propõe um método de baixo custo, envolvendo uma tecnologia de alto valor agregado. Buscou-se plataformas gratuitas para tal.

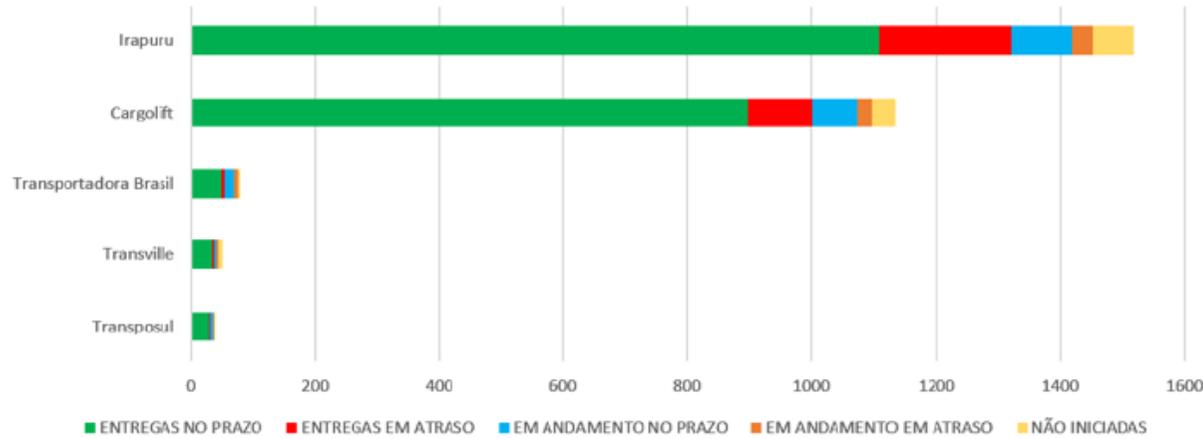
APÊNDICE B – CRITÉRIOS DE INCLUSÃO DOS ARTIGOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA

Título do Artigo	Critérios		
	Artigos que propunham modelos de rastreabilidade	Artigos que apresentem tecnologias aplicadas à rastreabilidade	Modelos de rastreabilidade que pudessem ser adaptáveis para operações de transporte
A model and prototype implementation for tracking and tracing agricultural batch products along the food chain		X	
A review of RFID technology and its managerial applications in different industries		X	
Traceability in iron ore processing and transports	X	X	
SecTTS: A secure track & trace system for RFID-enabled supply chains	X	X	X
A traceability system incorporating 2D barcode and RFID technology for wheat flour mills	X	X	X
Assessment of Standards for Inter-organizational Tracking Information Exchange in the Supply Chain		X	
An innovative and low-cost gapless traceability system of fresh vegetable products using RF technologies and EPCglobal standard	X	X	
RFID-enabled real-time manufacturing execution system for mass-customization production		X	
RFID-enabled track and traceability in job-shop scheduling environment		X	
A readability analysis for QR code application in a traceability system		X	
Prototype traceability system for the dairy industry	X	X	X
Food Track & Trace ontology for helping the food traceability control	X	X	
The Moderator Effect of Global Competitiveness Index on Dimensions of Logistics Performance Index		X	
The Global Track&Trace System for food: General framework and functioning principles	X	X	X

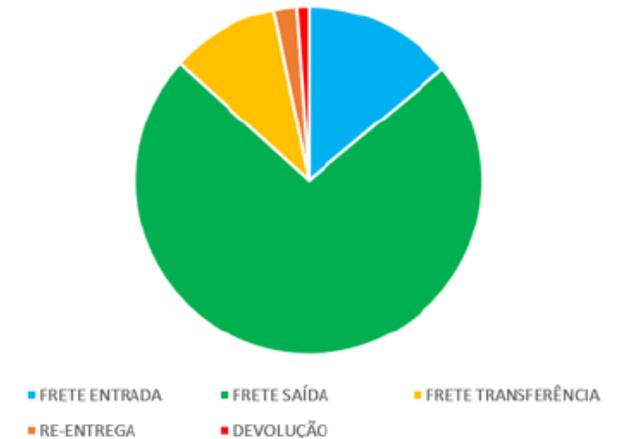
Traceability using RFID and its formulation for a kiwifruit supply chain	X	X	
Integration of RFID, wireless sensor networks, and data mining in an e-pedigree food traceability system	X	X	X
Modeling critical success factors of traceability for food logistics system	X		
Design and implementation of a low cost RFID track and trace system in a learning factory	X	X	X

APÊNDICE C – DASHBOARD DE OPERAÇÃO DE TRANSPORTE

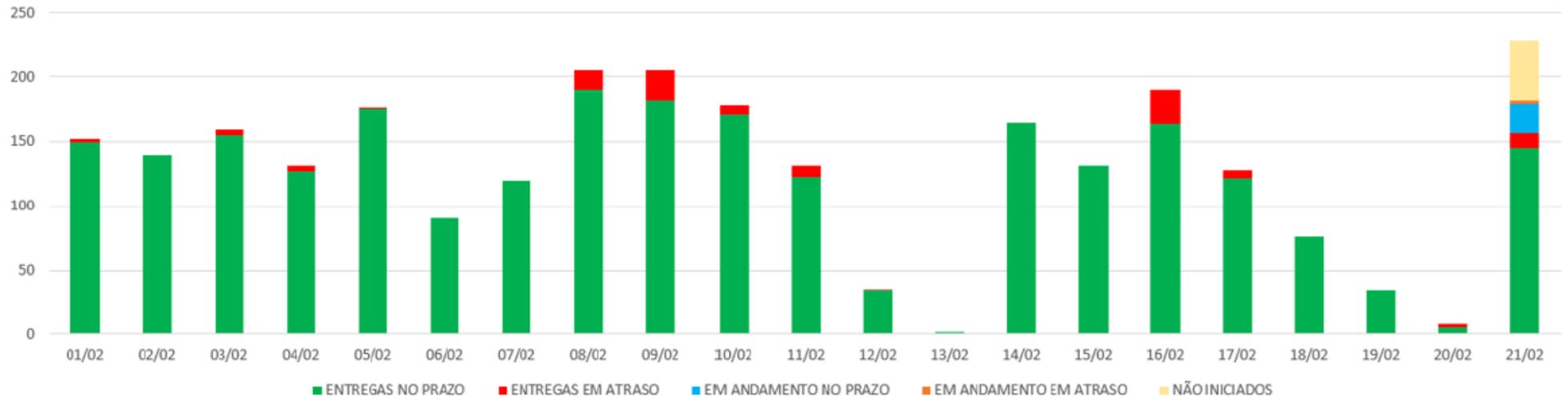
RESUMO ENTREGAS POR TRANSPORTADORA



RESUMO OPERAÇÃO

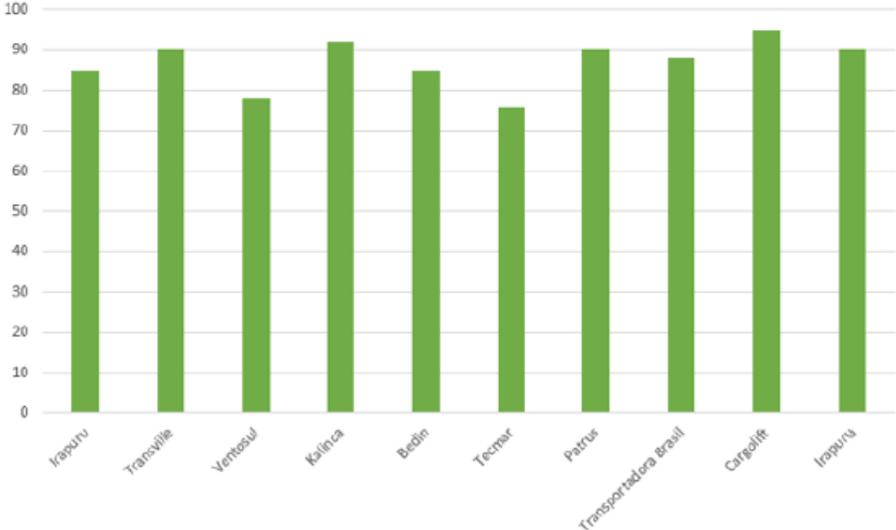


RESUMO DIÁRIO DE TRANSPORTE

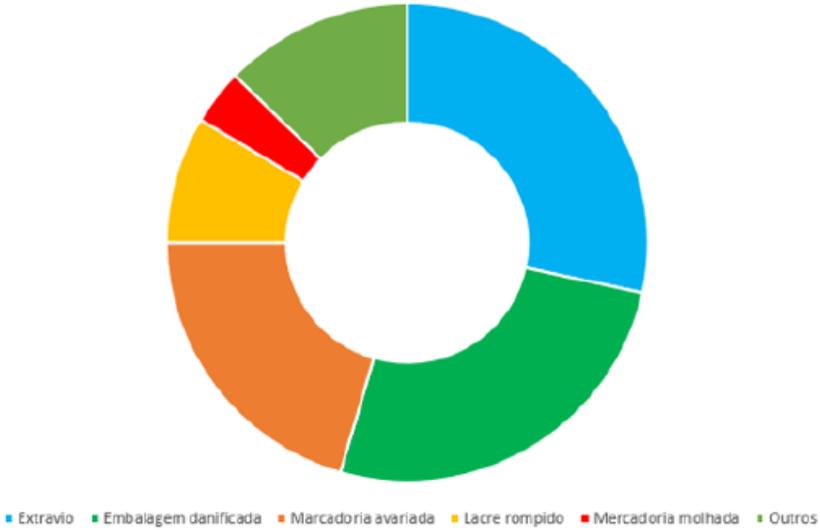


APÊNDICE D – DASHBOARD DE QUALIDADE DE ENTREGA

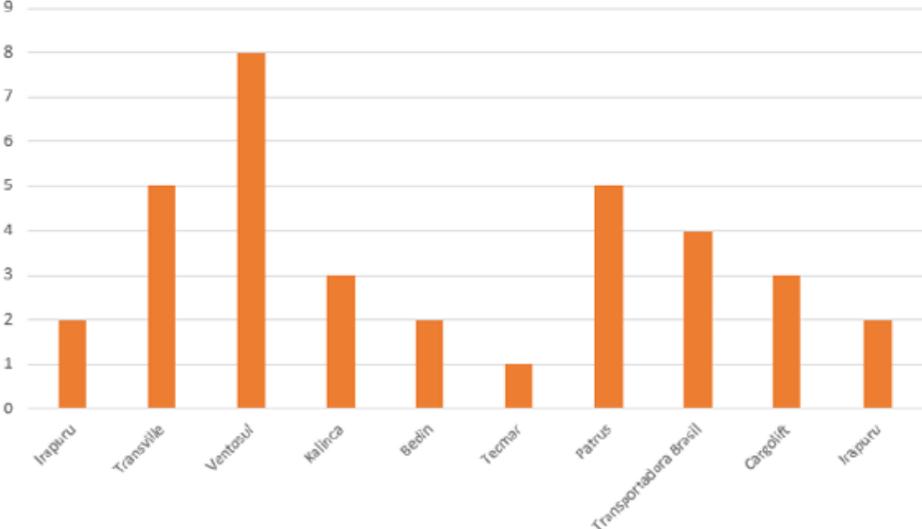
PERFORMANCE POR TRANSPORTADORA



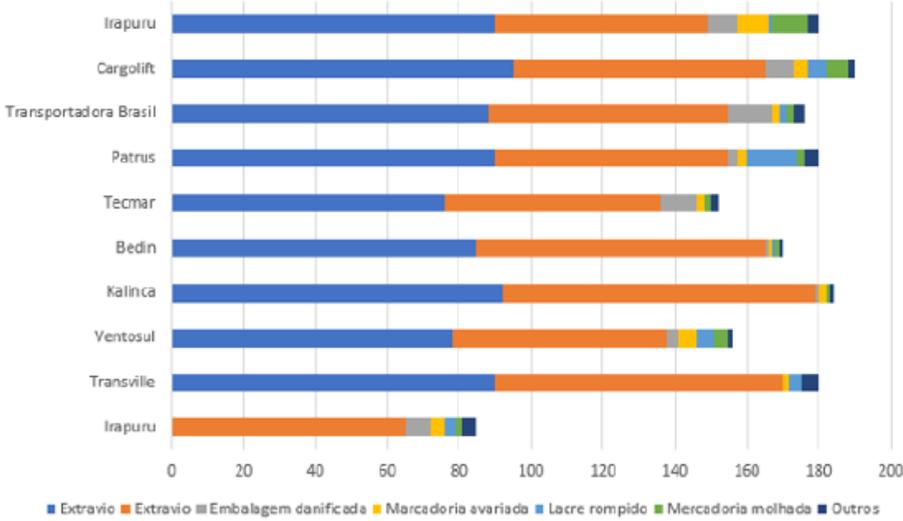
OCORRENCIAS NO TRANSPORTE



MÉDIA DE ATRASO (DIAS)

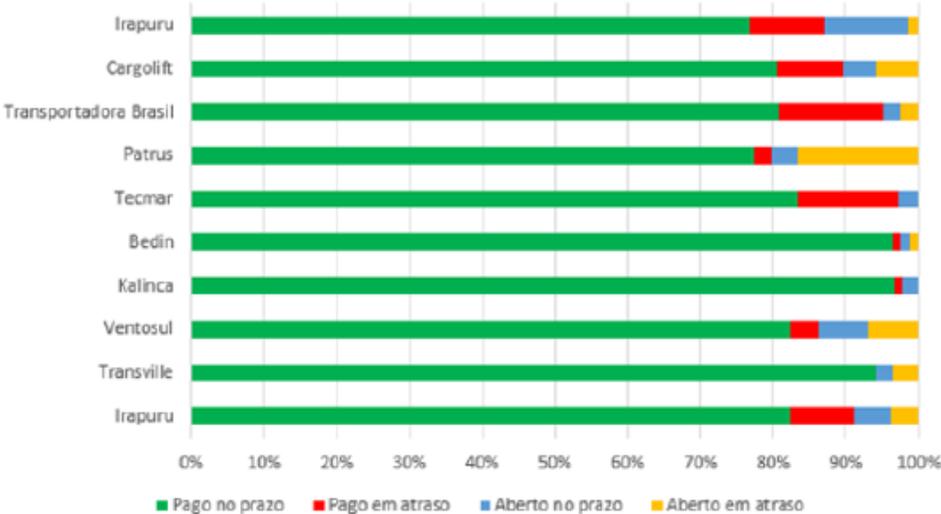


OCORRÊNCIAS POR TRANSPORTADORA

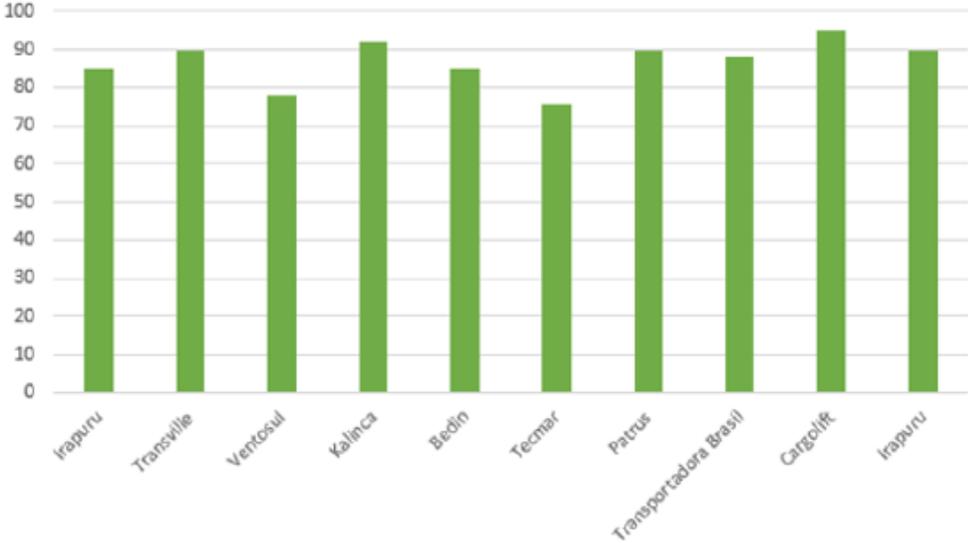


APÊNDICE E – DASHBOARD FINANCEIRO

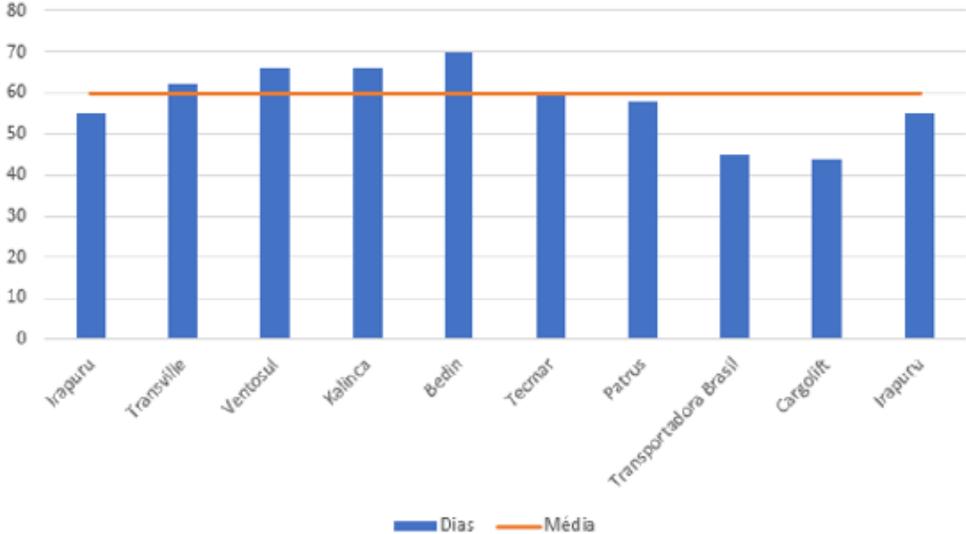
STATUS PAGAMENTO



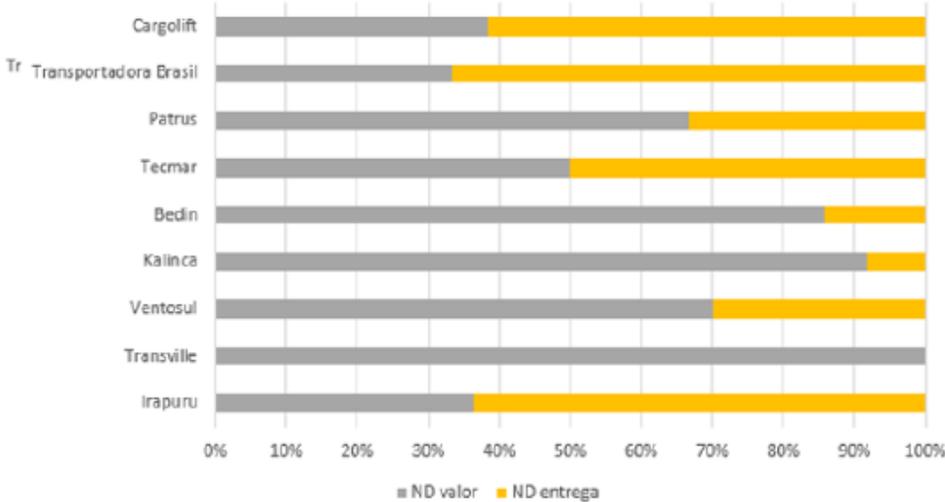
PERFORMANCE ADERÊNCIA TABELA DE TRANSPORTE



PRAZO MÉDIO PAGAMENTO POR TRANSPORTADORA



NOTA DÉBITO POR TRANSPORTADORA

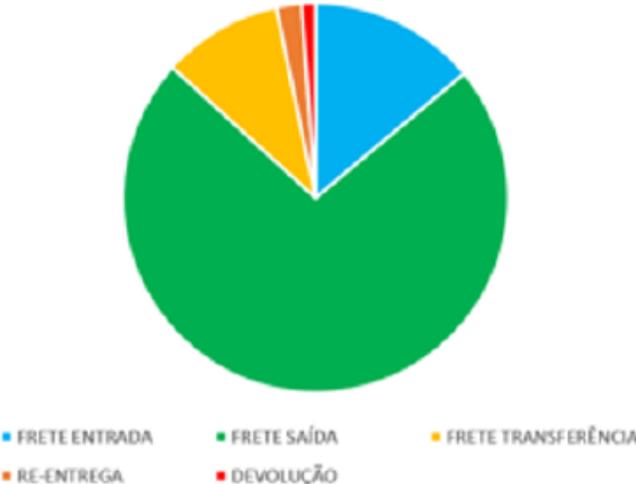


APÊNDICE F – DASHBOARD DE CONSUMO

SPEND POR EMPRESA



RESUMO OPERAÇÃO



SPEND POR TRANSPORTADORA



FRETE TONELADA

