

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Dissertação de Mestrado

RODRIGO APARECIDO FLAUSINO PERON

**Um estudo sobre custos logísticos e aspectos de sustentabilidade em cadeias de  
suprimentos farmacêuticos: o caso da SESA/PR**

Maringá  
2022

RODRIGO APARECIDO FLAUSINO PERON

**Um estudo sobre custos logísticos e aspectos de sustentabilidade em cadeias de suprimentos farmacêuticos: o caso da SESA/PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. Rafael Henrique Palma Lima

Maringá  
2022

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

P453e

Peron, Rodrigo Aparecido Flausino

Um estudo sobre custos logísticos e aspectos de sustentabilidade em cadeias de suprimentos farmacêuticos: o caso da SESA/PR / Rodrigo Aparecido Flausino Peron. -- Maringá, PR, 2022.

116 f.: il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Henrique Palma Lima.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2022.

1. Sustentabilidade. 2. Gestão da cadeia de suprimentos. 3. Cadeia de suprimentos farmacêuticos. 4. Custos. 5. Logística. I. Lima, Rafael Henrique Palma, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. III. Título.

CDD 23.ed. 658.78

# FOLHA DE APROVAÇÃO

RODRIGO APARECIDO FLAUSINO PERON

## **Um estudo sobre custos logísticos e aspectos de sustentabilidade em cadeias de suprimentos farmacêuticos: o caso da SESA/PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção pela Banca Examinadora composta pelos membros:

### BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 RAFAEL HENRIQUE PALMA LIMA  
Data: 11/04/2023 09:50:57-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rafael Henrique Palma Lima  
Presidente Orientador  
Universidade Estadual de Maringá – PGP/UEM

Documento assinado digitalmente  
 MARCO ANTONIO FERREIRA  
Data: 12/04/2023 14:59:28-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marco Antônio Ferreira  
Membro examinador interno  
Universidade Estadual de Maringá – PGP/UEM

Documento assinado digitalmente  
 VICTOR CLAUDIO BENTO DE CAMARGO  
Data: 11/04/2023 09:53:03-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Victor Claudio Bento de Camargo  
Membro examinador externo  
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Aprovada em: 09 de setembro de 2022.

Local da defesa: Google Meet < [meet.google.com/bfb-nhre-tmi](https://meet.google.com/bfb-nhre-tmi) >

## **Agradecimentos**

A **Deus**, pela vida, milagres, recomeços e salvação.

A minha esposa **Brenda**, pelo suporte incondicional, por escolher estar ao meu lado, sempre e pra sempre. Por compartilhar alegrias e me ajudar a carregar fardos pesados.

A minha mãe **Cida**, por ser um porto seguro, fonte de fé e inspiração. E a minha família por sempre estarem me dando suporte, nos erros e nos acertos.

Ao professor **Rafael**, pela orientação, competência, profissionalismo e paciência. Suas habilidades didáticas me impressionaram e me ensinaram. Mas foram suas habilidades humanas que deixaram um legado em mim.

Aos membros da banca examinadora, **Prof. Dr. Marco Antônio Ferreira** e **Prof. Dr. Victor Claudio Bento de Camargo**, que tão gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta dissertação.

Aos professores do PPG, **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**, pela dedicação, competência, conhecimento compartilhado e oportunidades. Em especial à **Profa. Dra. Gislaine Camila Lapasini Leal** e ao **Prof. Dr. Danilo Hisano Barbosa**, sempre gentis, solícitos e dispostos. E também a secretária do PGP, **Elisandra Santos**, pelo zelo e cuidado com editais e matrículas.

Aos colegas de mestrado, em especial à **Ana Carolina Carnelossi** e ao **Giovane Calegari**, pelos seminários, artigos, prêmio ABEPRO e especialmente pela parceria e risadas durante as madrugadas de produção científica.

À **Secretaria de Saúde do Estado do Paraná**, na figura da diretora do CEMEPAR, **Margely Nunes de Souza**, pela colaboração inestimável com este trabalho, compartilhando dores do serviço público e sonhos de que a pesquisa pudesse otimizar o acesso à medicamentos em nosso Paraná.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação, o meu sincero agradecimento.

## Um estudo sobre custos logísticos e aspectos de sustentabilidade em cadeias de suprimentos farmacêuticos: o caso da SESA/PR

### RESUMO

A cadeia de suprimentos farmacêuticos é um sistema complexo que envolve vários processos e etapas para garantir a produção, distribuição e entrega de medicamentos de qualidade aos pacientes. A literatura relata revisões de questões estratégicas da cadeia de suprimentos enfrentadas pela indústria farmacêutica incluindo desenvolvimento de processos, gerenciamento de estoque, planejamento de capacidade, terceirização e design de rede de cadeia de suprimentos. No entanto, a maioria deles se concentrou apenas nos aspectos econômicos, com consideração limitada sobre outros impactos. E a sustentabilidade é um tema crucial para a cadeia de suprimentos farmacêuticos bem como para o elo da distribuição de medicamentos. Este trabalho tem como objetivo explorar os aspectos de sustentabilidade dentro da cadeia de suprimentos, tanto na esfera teórico-conceitual, quanto prático-experimental. Para isso, este trabalho foi subdividido em dois artigos. O primeiro analisou o estado da arte da literatura na busca por convergências e divergências dentre os termos “Sustainable supply chain management”; “Green supply chain management”; “Closed-Loop supply chain management” e “Reverse Logistics” com base nos procedimentos metodológicos da revisão sistemática da literatura. Essa pesquisa possibilitou inferir com base nas definições identificadas pelas diversas revisões sistemáticas conduzidas sobre esses temas, que, embora seja possível conceituá-los e diferenciá-los, há nítidos pontos de intersecção e convergência entre si. Com os resultados, buscou-se a aplicação de conceitos de sustentabilidade em uma cadeia de suprimentos farmacêuticos. Assim, no segundo artigo, objetivou-se analisar a rede de distribuição de medicamentos, pertinentes ao Ciclo de Assistência Farmacêutica, feita pela Secretaria de Saúde do Estado do Paraná, considerando aspectos de sustentabilidade e apresentar uma ferramenta de apoio a tomada de decisão no planejamento desta rede para integrar decisões logísticas, de armazenamento e distribuição, ponderando objetivos econômico (minimizar custos), social (aumentar atendimento da demanda) e ambiental (minimizar emissão de CO<sub>2</sub> no transporte), utilizando ferramentas de programação linear inteira mista. Essa pesquisa permitiu concluir que a despeito das dificuldades encontradas no setor público, trata-se de uma cadeia de suprimentos passível de ser abstraída em um modelo conceitual para posterior modelagem matemática, com uso de ferramentas de programação linear inteira mista, como uma abordagem promissora. Porém, os aspectos de sustentabilidade adotados precisam ser reajustados para a realidade do setor embora o aspecto social tenha tido um comportamento favorável à população quando utilizado.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; Gestão da Cadeia de Suprimentos; Cadeia de suprimentos farmacêuticos.

## **A study on logistics costs and sustainability aspects in pharmaceutical supply chains: the case of SESA/PR**

### ***ABSTRACT***

The pharmaceutical supply chain is a complex system that involves various processes and stages to ensure the production, distribution, and delivery of quality medicines to patients. The literature reports reviews of strategic issues faced by the pharmaceutical industry's supply chain, including process development, inventory management, capacity planning, outsourcing, and supply chain network design. However, most of them have focused only on economic aspects, with limited consideration of other impacts. Sustainability is a crucial topic for both the pharmaceutical supply chain and the medicine distribution link. This work aims to explore sustainability aspects within the supply chain, both in the theoretical-conceptual and practical-experimental spheres. To do so, this work was divided into two articles. The first analyzed the state of the art of the literature in search of convergences and divergences among the terms "Sustainable supply chain management," "Green supply chain management," "Closed-Loop supply chain management," and "Reverse Logistics," based on the methodological procedures of the systematic literature review. This research made it possible to infer, based on the definitions identified by the various systematic reviews conducted on these topics, that, although it is possible to conceptualize and differentiate them, there are clear points of intersection and convergence among them. With the results, we sought to apply sustainability concepts in a pharmaceutical supply chain. Thus, in the second article, the aim was to analyze the drug distribution network, relevant to the Pharmaceutical Assistance Cycle, carried out by the Health Department of the State of Paraná, considering sustainability aspects and presenting a decision support tool in planning this network to integrate logistical, storage, and distribution decisions, weighing economic (minimizing costs), social (increasing demand coverage), and environmental (minimizing CO<sub>2</sub> emissions in transportation) objectives, using mixed-integer linear programming tools. This research allowed us to conclude that despite the difficulties encountered in the public sector, it is a supply chain that can be abstracted into a conceptual model for subsequent mathematical modeling, using mixed-integer linear programming tools as a promising approach. However, the sustainability aspects adopted need to be readjusted to the sector's reality, although the social aspect had a favorable behavior towards the population when used.

**Keywords:** Sustainability; Supply Chain Management; Pharmaceutical Supply Chain.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	7
1.2 OBJETIVOS .....	9
1.3 MÉTODO .....	10
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	11
<b>2. SUSTENTABILIDADE, LOGÍSTICA E CADEIA DE SUPRIMENTOS - UMA REVISÃO DE CONCEITOS</b> .....	<b>12</b>
2.1 INTRODUÇÃO .....	12
2.2 MÉTODO DE PESQUISA .....	14
2.3 RESULTADOS .....	18
2.3.1 Análise Bibliométrica .....	19
2.4 DISCUSSÃO .....	29
2.4.1 Sustainable <i>Supply chain Management</i> .....	30
2.4.2 Green <i>Supply chain Management</i> .....	32
2.4.3 Closed-loop <i>Supply chain Management</i> .....	34
2.4.4 Reverse <i>Logistics</i> .....	35
2.4.5 Outros termos menos citados .....	36
2.4.6 Comparação / Análise cruzada .....	37
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	39
<b>3. ESTUDO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE MEDICAMENTOS DA SESA/PR CONSIDERANDO OBJETIVOS DE CUSTOS LOGÍSTICOS E SUSTENTABILIDADE</b> .....	<b>40</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	40
3.2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	45
3.2.1 Cadeias de Suprimentos Farmacêuticos .....	45
3.2.2 Sustentabilidade na Cadeia de Suprimentos .....	58
3.2.3 Modelagem matemática nos projetos de rede da Cadeia de Suprimentos Farmacêuticos .....	64
3.3 MÉTODO DE PESQUISA .....	69
3.3.1 Caracterização do caso .....	70
3.3.4 Coleta de dados .....	72
3.3.5 Modelos matemáticos .....	74
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	84
3.4.1 Curva “ABC” .....	85
3.4.2 Resultados dos Modelos Matemáticos .....	86
3.4.3 Análise dos Modelos .....	87
3.4.4 Discussão dos aspectos de sustentabilidade .....	91
3.5 CONCLUSÕES .....	93
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	<b>95</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>98</b>

---

# INTRODUÇÃO

---

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A cadeia de suprimentos farmacêuticos é um sistema complexo que envolve vários processos e etapas para garantir a produção, distribuição e entrega de medicamentos de qualidade aos pacientes (HANDFIELD e NICHOLS, 1999; SHAH, 2004). Revisões de questões estratégicas da cadeia de suprimentos enfrentadas pela indústria farmacêutica foram relatadas por Singh *et al.* (2016). Isso inclui desenvolvimento de processos, gerenciamento de estoque, planejamento de capacidade, terceirização, design de rede de cadeia de suprimentos e gerenciamento de cadeia de suprimentos enxuto e verde. Enquanto isso, várias abordagens de design da cadeia de suprimentos farmacêutica também foram apresentadas. No entanto, a maioria deles se concentrou apenas nos aspectos econômicos, como maximizar o lucro ou o nível de serviço e minimizar o custo ou o tempo de entrega, com consideração limitada sobre o impacto ambiental (HALIM, ANG e ADHITYA, 2018).

A sustentabilidade é um tema crucial para a cadeia de suprimentos farmacêuticos bem como para o elo da distribuição de medicamentos (ZANDIEH *et al.*, 2018). Essas são atividades que podem gerar impactos significativos no meio ambiente, sendo importante adotar práticas que reduzam o uso de recursos naturais e minimizem a emissão de poluentes (FIKSEL, 2006). A implementação de tecnologias limpas e eficientes, o uso de veículos elétricos ou movidos a biocombustíveis, a adoção de rotas mais eficientes e a gestão mais eficaz dos estoques podem contribuir para a sustentabilidade na cadeia de suprimentos farmacêuticos.

Além disso, a promoção de práticas éticas e transparentes em toda a cadeia produtiva pode melhorar as condições de trabalho dos profissionais envolvidos e contribuir para o

desenvolvimento das comunidades locais. As empresas que desejam projetar cadeias de suprimentos sustentáveis devem analisar o impacto das operações da cadeia de suprimentos no meio ambiente e na sociedade, levando em conta as crescentes preocupações ambientais, legislativas e sociais (GOVINDANA *et al.*, 2013).

A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (WCED) define desenvolvimento sustentável como “um desenvolvimento que satisfaz os requisitos atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender seus próprios requisitos” (BRUNDTLAND, 1987). A sustentabilidade é baseada nas dimensões econômica, ambiental e social para o desenvolvimento do homem (AGERON *et al.*, 2012; GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2012).

Diversas empresas optaram por estabelecer níveis de comprometimento com práticas sustentáveis a fim de manter suas cadeias de suprimentos. Em âmbito global, tanto a academia quanto diversos setores econômicos têm implementado iniciativas de sustentabilidade, que englobam desde tecnologias de eficiência energética e uso de fontes renováveis, até reciclagem, compras eco-friendly, redução de embalagens, contabilização das emissões de carbono, responsabilidade social e valorização dos funcionários. Tudo isso visa garantir a sustentabilidade ao longo da cadeia de suprimentos (GOPALAKRISHNAN *et al.*, 2012).

Todavia, alguns estudos focam o aspecto ambiental enquanto o aspecto social da cadeia de suprimentos ainda permanece negligenciado (SILVESTRE, 2016). Ainda existe um enorme déficit na quantidade de literatura publicada sobre avaliação de impacto social (BRANDENBURG *et al.*, 2014), principalmente devido à dificuldade em mensurar tais impactos (ZHAO *et al.*, 2012).

As empresas farmacêuticas são direcionadas pelas poderosas forças regulatórias e de mercado a repensar a maneira como produzem e distribuem produtos, e são obrigadas a reimaginar o papel da cadeia de suprimentos na condução do crescimento estratégico, diferenciação de marca e valor econômico no sistema de saúde (MEHRALIAN *et al.*, 2012).

Garantir o fluxo contínuo de medicamentos aos pacientes a preços otimizados e com atrasos mínimos, baixa escassez sem erros é valioso nas cadeias de suprimentos farmacêuticos (MEHRALIAN *et al.*, 2016). Os gastos farmacêuticos estão aumentando constantemente, de modo que a seção farmacêutica tem uma parcela significativa de qualquer produto interno bruto (PIB) nacional atualmente. Para competir nos mercados doméstico e internacional, as empresas

farmacêuticas estão sob pressão para criar situações que lhes permitam crescer (MEHRALIAN *et al.*, 2016). Portanto, a investigação na área da cadeia de suprimentos farmacêutica é necessária para todos os países (AHMADI *et al.*, 2018).

## 1.2 OBJETIVOS

Considerando o contexto descrito anteriormente, este trabalho tem como objetivo explorar os aspectos de sustentabilidade dentro da cadeia de suprimentos, tanto na esfera teórico-conceitual, quanto prático-experimental.

**Tabela 1.1** – Relação dos artigos apresentados neste trabalho.

	<b>Artigo 1</b>	<b>Artigo 2</b>
<b>Título</b>	SUSTENTABILIDADE, LOGÍSTICA E CADEIA DE SUPRIMENTOS - UMA REVISÃO DE CONCEITOS	ESTUDO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE MEDICAMENTOS DA SESA/PR CONSIDERANDO OBJETIVOS DE CUSTOS LOGÍSTICOS E SUSTENTABILIDADE.
<b>Objetivos</b>	Analisar o estado da arte da literatura na busca por convergências e divergências dentre os termos “Sustainable supply chain management”; “Green supply chain management”; “Closed-Loop supply chain management” e “Reverse Logistics” com base nos procedimentos metodológicos da revisão sistemática da literatura.	Analisar a rede de distribuição de medicamentos, feita pela Secretaria de Saúde do Estado do Paraná, considerando aspectos de sustentabilidade, ponderando objetivos econômico (minimizar custos), sociais (aumentar atendimento da demanda) e ambiental (minimizar emissão de CO2 no transporte), utilizando ferramentas de programação linear inteira mista.
<b>Método</b>	Meta Revisão Sistemática da Literatura	Experimento

**Fonte:** Autoria própria.

Como objetivos específicos, foram:

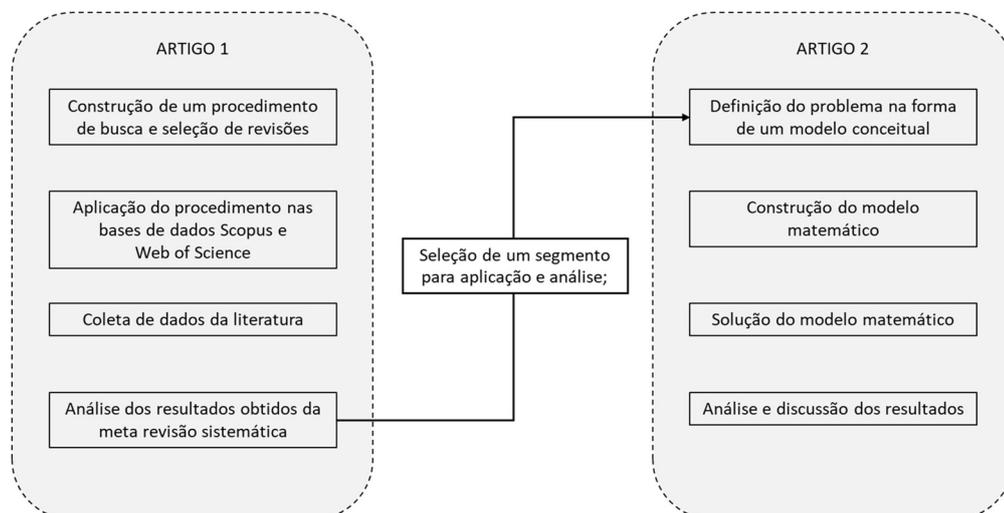
- Analisar o estado da arte da literatura sobre Cadeia de Suprimentos Sustentáveis;
- Encontrar termos correlatos e como se estruturam as relações;
- Analisar a rede de distribuição de medicamentos, feita pela Secretaria de Saúde do Estado do Paraná;
- Considerar aspectos de sustentabilidade na rede supracitada, integrando decisões logísticas, de armazenamento e distribuição, ponderando objetivos econômico (minimizar custos), social (aumentar atendimento da demanda) e ambiental (minimizar emissão de CO<sub>2</sub> no transporte), utilizando ferramentas de programação linear inteira mista.

Para atingir os objetivos da pesquisa, foram propostos dois artigos com os seguintes objetivos e métodos apresentados na Tabela 1.1.

### 1.3 MÉTODO

Para atingir os objetivos desta pesquisa, esta dissertação foi organizada em dois artigos. O Artigo 1 teve como finalidade caracterizar uma cadeia de suprimentos sustentável e os aspectos de sustentabilidade observados na literatura, assim o Artigo 2 pode contemplar a análise de uma cadeia de suprimentos – farmacêuticos – sob aspectos de sustentabilidade utilizando ferramentas de programação linear inteira mista, como ilustrado pela Figura 1.1.

**Figura 1.1** – Etapas de cada artigo.



**Fonte:** Autoria própria.

## **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Esta dissertação está organizada em 4 capítulos. No Capítulo 2 é apresentado o Artigo 1 com o título “Sustentabilidade, Logística e Cadeia de Suprimentos - Uma revisão de Conceitos”. O Capítulo 3 disponibiliza o Artigo 2 intitulado de “Estudo da rede de distribuição de medicamentos da SESA/PR considerando objetivos de custos logísticos e sustentabilidade”. E por fim o Capítulo 4 apresenta as principais conclusões obtidas pelos resultados dos dois artigos.

---

# SUSTENTABILIDADE, LOGÍSTICA E CADEIA DE SUPRIMENTOS - UMA REVISÃO DE CONCEITOS

---

## 2.1 INTRODUÇÃO

Com a seguinte definição de Closed-loop Supply Chain Management (CLSCM) como o design, o controle e a operação de sistemas para maximizar a criação de valor agregado por todo o ciclo de vida do produto, incluindo a recuperação de valor em diferentes tipos e volumes de retornos ao longo do tempo (GUIDE e VAN WASSENHOVE, 2003) e as crescentes correntes de estudos sobre a temática (ABBEY e GUIDE, 2017), onde essas podem ser representadas por estudos relacionados a criação de uma nova perspectiva de coordenação incluindo a análise do ciclo de vida do produto (ASL-NAJAFI e YAGHOUBI, 2021), sobre impactos da sustentabilidade e na minimização do impacto ambiental com a utilização de uma otimização robusta e heurística para maximização do lucro e minimização dos impactos ambientais (GHOLIZADEH *et al.*, 2021), somando-se a trabalhos que investigam a integração da logística direta e reversa na CLSC (FU *et al.*, 2021) e estudos sobre o impacto da educação dos consumidores na CLSC com remanufatura (ZHOU, XIONG e JIN, 2021).

A inserção de novas perspectivas de análise e soma de termos é inerente a ciência e traz desafios, impactos e formulação de novos construtos, como exemplo pode ser citado o impacto na avaliação da performance de empresas com a inserção das variáveis ambiental e recentemente da variável social a variável econômica (THAMSATITDEJ *et al.*, 2016; DARBARI *et al.*, 2019) e também as tensões organizacionais geradas por essa inserção (HAHN

*et al.*, 2015). Essa ampla gama de estudos com temas divergentes expõe a necessidade de se realizar uma sistematização dos construtos sobre o tema buscando pontos convergentes e lacunas na literatura sobre a temática CLSC.

As meta-revisões, também chamadas de revisões terciárias, são um tipo particular de revisão da literatura. Diferentemente das revisões sistemáticas convencionais, cujo material de origem são pesquisas primárias, as meta-revisões terciárias objetivam identificar revisões de literatura sobre um determinado tópico de pesquisa e mapeá-las (MARTINS e PATO, 2019; HOCHREIN *et al.*, 2015). Estas revisões de literatura são particularmente adequadas para campos científicos com grande volume de publicações porque são capazes de fornecer uma visão geral, compacta e abrangente, do estado do conhecimento em uma área de pesquisa específica (ABEDINNIA *et al.*, 2017).

Assim para trabalhos que tenham por objetivo a consolidação de construtos de pesquisa e o delineamento de lacunas científicas, as revisões sistemáticas têm sido utilizadas em temas emergentes e são fundamentais para consolidar e indicar novos temas e possibilidades de futuros estudos (LUIZ *et al.*, 2016; BARTOCCI *et al.*, 2017). As revisões de literatura também são particularmente úteis para integrar os resultados de estudos sobre questões emergentes. Além disso, elas fornecem uma análise aprofundada dos principais estudos sobre o estado da arte do tema (JABBOUR, 2013).

Para (TRANFIELD, DENYER e SMART, 2003) o objetivo da revisão sistemática é fornecer insights coletivos por meio da síntese teórica em campos e subcampos. As revisões sistemáticas diferem das revisões narrativas tradicionais devido ao seu processo replicável e transparente (MARCO-FERREIRA *et al.*, 2019). Para reduzir o erro e o preconceito humano, as revisões sistemáticas utilizam formulários de extração de dados, o que exige a documentação de todas as etapas (BARTOCCI *et al.*, 2017).

Os seguintes temas, são temas emergentes de pesquisa: “Sustainable supply chain management” (SHAREEF *et al.*, 2020); “Green supply chain management” (MARCO-FERREIRA e JABBOUR, 2019); “Closed-Loop supply chain” (BHATIA *et al.*, 2020; JIA *et al.*, 2020) e “Reverse Logistics” (JOHARI e HOSSEINI-MOTLAGH, 2019).

O objetivo deste artigo é analisar o estado da arte da literatura na busca por convergências e divergências dentre os termos “Sustainable supply chain management”; “Green supply chain management”; “Closed-Loop supply chain management” e “Reverse Logistics” com base nos procedimentos metodológicos da revisão sistemática da literatura.

## 2.2 MÉTODO DE PESQUISA

Revisões de literatura são formas de demonstração do conhecimento sobre determinado campo de estudo (TORRACO, 2015). Elas resumem e estabelecem conexões entre trabalhos primários, promovem diálogos entre diferentes pesquisas, identificam lacunas e oportunidades e propõem direções para pesquisas futuras. (MARTINS e PATO, 2019).

No que tange à abordagem metodológica, embora as revisões de literatura possam ser segmentadas em revisões narrativas e sistemáticas, de acordo com Denyer e Tranfield (2009), a revisão sistemática da literatura não deve ser interpretada como uma apresentação de trabalhos sobre determinado assunto, mas um projeto de pesquisa que, basicamente, usa a literatura para responder perguntas, de uma forma que todas as etapas são bem definidas e podem ser reproduzidas com viés mínimo, gerando um resultado próximo ao original. Trabalhos semelhantes já foram realizados por autores como Seuring e Gold (2012) e Hochrein *et al.* (2015), porém, abordando a essência da área de Gestão da Cadeia de Suprimentos, sem ênfase em temas relacionados à sustentabilidade.

Com o propósito de se obter resultados relevantes na realização de uma revisão de literatura, é fundamental a elaboração de perguntas claras e viáveis. Tal pergunta permitirá ao leitor compreender o propósito do estudo e seu resultado esperado (MARTINS e PATO, 2019).

A pergunta que este trabalho busca responder diz respeito às relações de convergência e divergência entre os termos “Sustainable *supply chain management*”; “Green *supply chain management*”; “Closed-Loop *supply chain*” e “Reverse *Logistics*” com base nas definições identificadas pelas diversas revisões sistemáticas conduzidas sobre esses temas.

Para responder este questionamento por meio de uma meta-revisão sistemática, o primeiro passo foi a escolha das *strings* de busca. Foi realizada uma combinação entre os termos “Sustainable”, “Green”, “Closed-loop”, “Reverse”, “supply chain” e “logistics”, gerando assim, 8 *strings* de busca. Para refinar, foi incluído o conector booleano “AND” e as *strings* “systematic literature review”, “systematic review”, utilizando o conector booleano OR. Por fim, foi feita uma pesquisa combinando as 8 *strings* de busca e o conector OR, a fim de eliminar repetições dentro da base, conforme apresentado no Quadro 2.1.

É importante esclarecer que as buscas com os termos “closed-loop” e “closed loop” – diferenciadas pelo uso do hífen – foram previamente testadas e retornaram os mesmos

resultados. Outro ponto relevante foi a supressão da palavra “*management*” nas *strings* de busca, a fim de que os resultados incluíssem artigos relacionados à “*supply chain*” e “*supply chain management*”, sem tornar as *strings* desnecessariamente restritivas.

**Quadro 2.1** - Strings de busca utilizadas na pesquisa

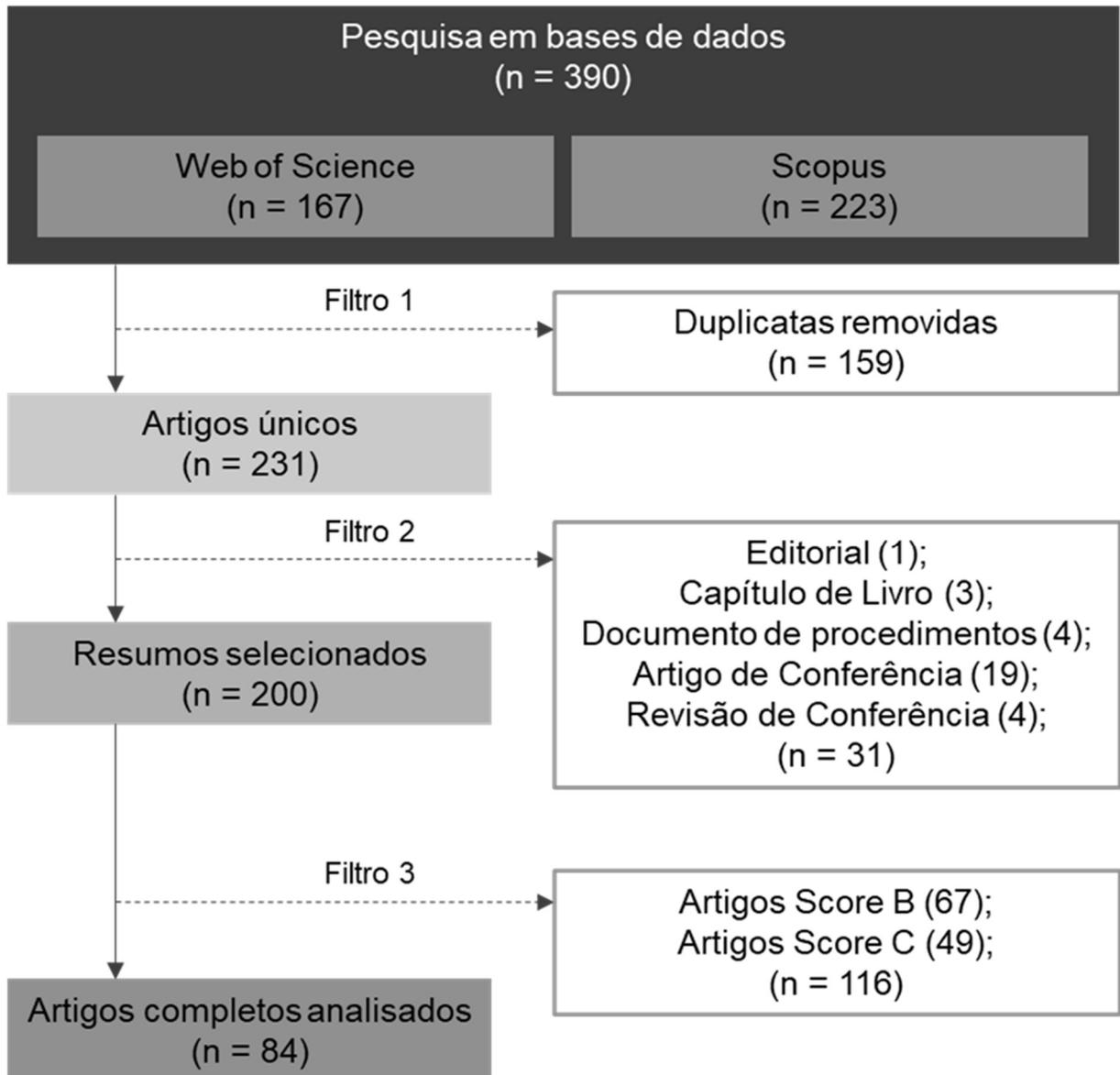
<b>Número de Identificação</b>	<b>Palavras-chave</b>	<b>Sigla</b>
#1	“ <i>Sustainable supply chain</i> ” AND (“ <i>systematic literature review</i> ” OR “ <i>systematic review</i> ”)	SSC
#2	“ <i>Sustainable logistics</i> ” AND (“ <i>systematic literature review</i> ” OR “ <i>systematic review</i> ”)	SL
#3	“ <i>Green supply chain</i> ” AND (“ <i>systematic literature review</i> ” OR “ <i>systematic review</i> ”)	GSC
#4	“ <i>Green logistics</i> ” AND (“ <i>systematic literature review</i> ” OR “ <i>systematic review</i> ”)	GL
#5	“ <i>Closed-loop supply chain</i> ” AND (“ <i>systematic literature review</i> ” OR “ <i>systematic review</i> ”)	CLSC
#6	“ <i>Closed-loop logistics</i> ” AND (“ <i>systematic literature review</i> ” OR “ <i>systematic review</i> ”)	CLL
#7	“ <i>Reverse supply chain</i> ” AND (“ <i>systematic literature review</i> ” OR “ <i>systematic review</i> ”)	RSC
#8	“ <i>Reverse logistics</i> ” AND (“ <i>systematic literature review</i> ” OR “ <i>systematic review</i> ”)	RL
#9	#1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8	

**Fonte:** Autoria própria.

As pesquisas foram realizadas nas bases de dados eletrônicas *Web of Science* e *Scopus* em abril de 2021. Os artigos buscados deveriam contemplar as *strings* de busca no título ou resumo ou palavras-chave.

.Para garantir a robustez das conclusões desta da revisão de literatura, os autores definiram uma série de critérios para determinar a inclusão ou exclusão de artigos, esses podem ser melhor visualizados na Figura 2.1.

**Figura 2.1** – Fluxograma do processo de busca, seleção e análise dos artigos



**Fonte:** Autoria própria.

O primeiro filtro utilizado na pesquisa eliminou artigos em duplicidade. O segundo filtro retirou dos resultados, trabalhos identificados como capítulos de livro, trabalhos de conferência, revisões de conferência, editoriais e documentos de procedimentos.

Após isso, foi realizada uma avaliação qualitativa dos resumos selecionados, classificando-os como A, B ou C, sendo estas classes definidas no Quadro 2.2. Os artigos classificados com o score A, deveriam apresentar os termos pesquisados (SSC, SL, GSC, GL,

CLSC, CLL, RSC, RL) como seu objeto de estudo na cadeia de suprimentos ou logística em de maneira generalista – sem especificidade de setor – ou conceitual.

Artigos classificados com score B, seriam os que apresentassem os termos pesquisados não como objeto de estudo, mas apenas em considerações finais ou conclusões; artigos que realizaram revisão sistemática da literatura em conjunto com outro método (*survey*, estudo de caso, etc.); artigos que abordaram os termos pesquisados em setores específicos.

Por fim, os artigos classificados com score C não tinham relação alguma com os temas pesquisados, apenas apresentavam a *string* de busca em alguma parte do resumo ou palavra-chave.

**Quadro 2.2** – Critérios de classificação dos artigos

<i>Score</i>	<b>Critérios</b>
A	SSC, SL, GSC, GL, CLSC, CLL, RSC, RL como objeto de estudo na cadeia de suprimentos ou logística de maneira generalista ou conceitual.
B	SSC, SL, GSC, GL, CLSC, CLL, RSC, RL abordado apenas na conclusão; Revisão + Outro método; abordagem em setor específico.
C	SSC, SL, GSC, GL, CLSC, CLL, RSC, RL não eram objeto de estudo.

**Fonte:** Autoria própria.

Uma vez selecionados, todos os resumos foram lidos para aplicação do terceiro filtro. Dado o objetivo desta pesquisa, foram selecionados para leitura integral do artigo, apenas os trabalhos classificados como score A.

## 2.3 RESULTADOS

A estratégia de busca adotada identificou um total de 390 publicações nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*. Dessas, 159 eram duplicadas, as quais foram excluídas, resultando em 231 referências. Essas referências estão distribuídas na Tabela 3 onde, embora a base *Web of Science* apresente um número expressivo de resultados, observa-se que a base *SCOPUS* retornou não apenas mais resultados, mas contribuiu com mais resultados únicos.

Outro ponto a ser considerado, e observado na Tabela 2.1, é a disparidade de resultados únicos, quando comparados os resultados aos pares, confrontando as raízes “Supply Chain” e “Logistics” para cada prefixo. Observa-se que para os prefixos “Sustainable”, “Green” e “Closed-Loop”, o número de revisões sistemáticas da literatura é expressivamente maior nos campos de Cadeia de Suprimentos, quando comparado a Logística, sendo 114 contra 6, 53 contra 11 e 28 contra nenhuma respectivamente. Já para o prefixo “Reverse” o oposto é verdadeiro, pois há um maior número de revisões relacionadas ao termo “Reverse Logistics” do que “Reverse Supply Chain”.

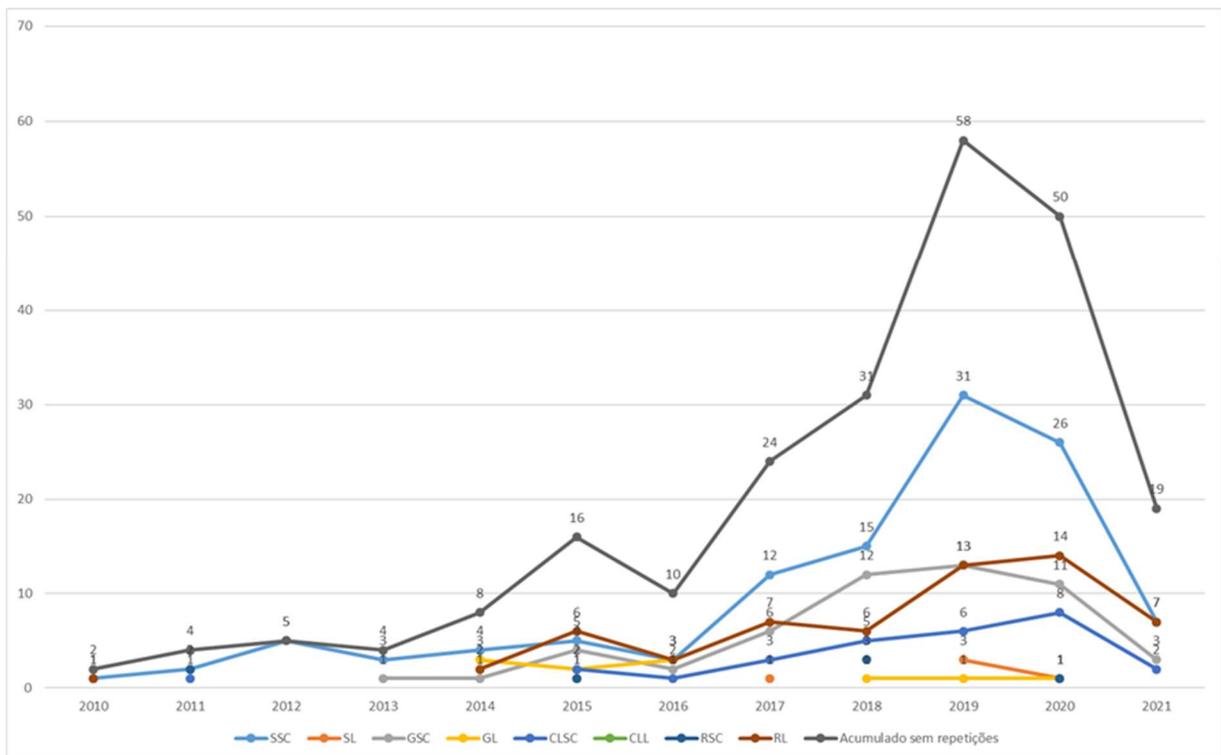
**Tabela 2.1** - Resultados por string de busca – Distribuição por base

<b>ID</b>	<b>String</b>	<b>Web of Science</b>	<b>SCOPUS</b>	<b>Resultados únicos</b>
#1	SSC	79	112	114
#2	SL	4	5	6
#3	GSC	38	51	53
#4	GL	6	9	11
#5	CLSC	21	27	28
#6	CLL	0	0	0
#7	RSC	6	6	7
#8	RL	44	58	59
#9	<i>all strings</i>	167	223	231

**Fonte:** Autoria própria.

Ao analisar a distribuição dos resultados por ano, conforme apresentados na Figura 2.2, é possível inferir que o número de revisões sistemáticas dos temas em questão está em franca ascensão como um todo, principalmente a partir de 2016, atingindo um ápice em 2019. Todavia, ao observar os resultados acumulados sem repetições e compará-los com o número de revisões sistemáticas da literatura identificadas pela *string* “Sustainable Supply Chain”, há uma similaridade, sugerindo que este tema seja predominante dentre os artigos levantados.

**Figura 2.2** – Número de artigos por termo de busca – Distribuição por ano



Fonte: Autoria própria.

### 2.3.1 Análise Bibliométrica

Por meio do uso do Software RStudio e da biblioteca *Bibliometrix*, foi feita uma análise bibliométrica dos 84 artigos selecionados pelos 3 filtros deste estudo. Após análise das informações bibliográficas, 31 trabalhos foram descartados por serem identificados como capítulos de livro, trabalhos de conferência, revisões de conferência, editoriais e documentos de procedimentos. Assim, restaram 200 resumos para serem lidos. Após leitura, e classificação conforme critérios adotados na Tabela 2.2, 84 artigos foram selecionados para leitura integral.

Na Tabela 2.2, observa-se que embora nas *strings* de busca haja os termos “Systematic Review” e “Systematic Literature Review”, os artigos podem ser catalogados de maneiras diferentes nas bases e periódicos, justificando a não adoção do filtro “tipo de publicação” no momento da busca, e realizando essa classificação de forma manual, quando necessária.

**Tabela 2.2 - Tipos de publicação**

<b>Tipo de publicação</b>	<b>Artigos</b>
Revisão	50
Artigo	34
<b>Total</b>	<b>84</b>

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela 2.3 – Produção científica por ano**

<b>Ano</b>	<b>Artigos</b>
2011	1
2012	2
2013	1
2014	2
2015	6
2016	3
2017	8
2018	19
2019	17
2020	20
2021	5
<b>Total</b>	<b>84</b>

**Fonte:** Autoria própria.

Novamente analisando a distribuição dos artigos por ano, observa-se na Tabela 2.3 que embora na busca não tenha sido aplicado nenhum limitador cronológico, a mais antiga revisão sistemática da literatura pertinente aos temas buscados data de 2011, ou seja, este tipo de produção científica, nesses temas, é recente. Outro ponto a ser considerado, é uma expressiva ascensão no número de revisões publicadas nos últimos 3 anos.

Quando analisadas as fontes dos artigos revisados, observa-se na Tabela 2.4 uma notável disparidade entre os periódicos, com destaque para o *Journal of Cleaner Production*, que publicou mais de um quinto das revisões sistemáticas pertinentes aos temas aqui pesquisados e, dos 18 artigos, 15 apresentam mais de 15 citações (índice h), garantindo ao periódico, um total de 728 citações. Todavia, apesar do alto número de artigos, outros dois periódicos, *International Journal of Physical Distribution And Logistics Management* e *Supply Chain Management*, apresentam artigos com um número acumulado de citações maior, ou seja, menos artigos, porém de maior impacto.

**Tabela 2.4** - Produção científica por periódico - Índice h e número de citações

Periódico	Índice h	Citações	Artigos
JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	15	728	18
INT. J. OF PHYSICAL DISTRIBUTION AND LOGISTICS MANAGEMENT	6	945	6
SUPPLY CHAIN MANAGEMENT	5	817	6
SUSTAINABILITY (SWITZERLAND)	5	78	9
INT. JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS	3	237	3
RESOURCES, CONSERVATION AND RECYCLING	3	170	3
BENCHMARKING	3	161	4
INT. JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH	2	126	2

INT. JOURNAL OF OPERATIONS AND PRODUCTION MANAGEMENT	2	85	2
INT. JOURNAL OF LOGISTICS SYSTEMS AND MANAGEMENT	2	21	2
MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY: AN INT. JOURNAL	2	18	2
JOURNAL OF MANUFACTURING SYSTEMS	1	72	1
ENERGIES	1	52	1
INDUSTRIAL MARKETING MANAGEMENT	1	36	1
JOURNAL OF BUSINESS LOGISTICS	1	26	1
EUROPEAN BUSINESS REVIEW	1	17	1
INT. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND PUBLIC HEALTH	1	17	1
INT. JOURNAL OF LOGISTICS RESEARCH AND APPLICATIONS	1	17	1
MANAGEMENT DECISION	1	17	1
INT. JOURNAL OF NETWORKING AND VIRTUAL ORGANISATIONS	1	10	1
INT. JOURNAL OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY(UAE)	1	7	1
PROCEDIA MANUFACTURING	1	7	1
SUSTAINABILITY ACCOUNTING, MANAGEMENT AND POLICY JOURNAL	1	6	1
ADVANCES IN SCIENCE, TECHNOLOGY AND ENGINEERING SYSTEMS	1	4	1

GESTAO E PRODUCAO	1	4	1
IEEE ACCESS	1	4	1
PROMET-TRAFFIC \& TRANSPORTATION	1	4	1
QUALITY - ACCESS TO SUCCESS	1	4	1
INT. JOURNAL OF PRODUCTIVITY AND PERFORMANCE MANAGEMENT	1	2	2
ENVIRONMENTAL QUALITY MANAGEMENT	1	1	1
JOURNAL OF SCIENTOMETRIC RESEARCH	1	1	1
ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH	0	0	1
JOURNAL OF BUSINESS-TO-BUSINESS MARKETING	0	0	1
LOGISTICS RESEARCH	0	0	1
POLISH JOURNAL OF MANAGEMENT STUDIES	0	0	1
PRODUCTION	0	0	1
RESEARCH IN ENGINEERING DESIGN	0	0	1

**Fonte:** Autoria própria.

Ao analisar a origem das revisões por nação na Tabela 2.5, novamente há uma disparidade, com amplo destaque para o Reino Unido. Porém, a presença de países fora do eixo EUA-Europa mas com expressiva industrialização, como Índia, Brasil e China, sugere uma preocupação com políticas ambientais e de sustentabilidade. Contudo, a origem de 49 artigos, 58,3% do total, é europeia, reforçando a preocupação deste continente com assuntos relacionados à sustentabilidade.

**Tabela 2.5 - Produção científica por país**

<b>País</b>	<b>Artigos</b>
REINO UNIDO	14
ITÁLIA	8
INDIA	7
BRASIL	6
CHINA	6
EUA	6
ALEMANHA	5
SUÉCIA	4
HUNGRIA	3
PAÍSES BAIXOS	3
AUSTRÁLIA	2
BANGLADESH	2
FRANÇA	2
INDONÉSIA	2
IRÃ	2
PORTUGAL	2
ESLOVÊNIA	2
ESPANHA	2
TAILÂNDIA	2

BÉLGICA	1
CANADÁ	1
COLÔMBIA	1
DINAMARCA	1
MALÁSIA	1
MÉXICO	1
MARROCOS	1
OMÃ	1
POLÔNIA	1
ROMÊNIA	1
SINGAPURA	1
CORÉIA DO SUL	1

**Fonte:** Autoria própria.

Já em relação aos autores das revisões sistemáticas da literatura selecionadas, o professor Craig R. Carter da Arizona State University, nos Estados Unidos, detém um expressivo número de citações, como mostra a Tabela 2.6. Os 84 artigos selecionados acumularam um total de 253 autores, porém, a massiva maioria compunha o quadro de autores em apenas 1 artigo, ao selecionar apenas autores com mais de um artigo selecionado, o número cai para apenas 21, porém, este é um fato já esperado, visto que este estudo buscou apenas por revisões sistemáticas da literatura, um tipo específico de metodologia que não é reproduzido com frequência a respeito de um mesmo assunto pelos mesmos autores.

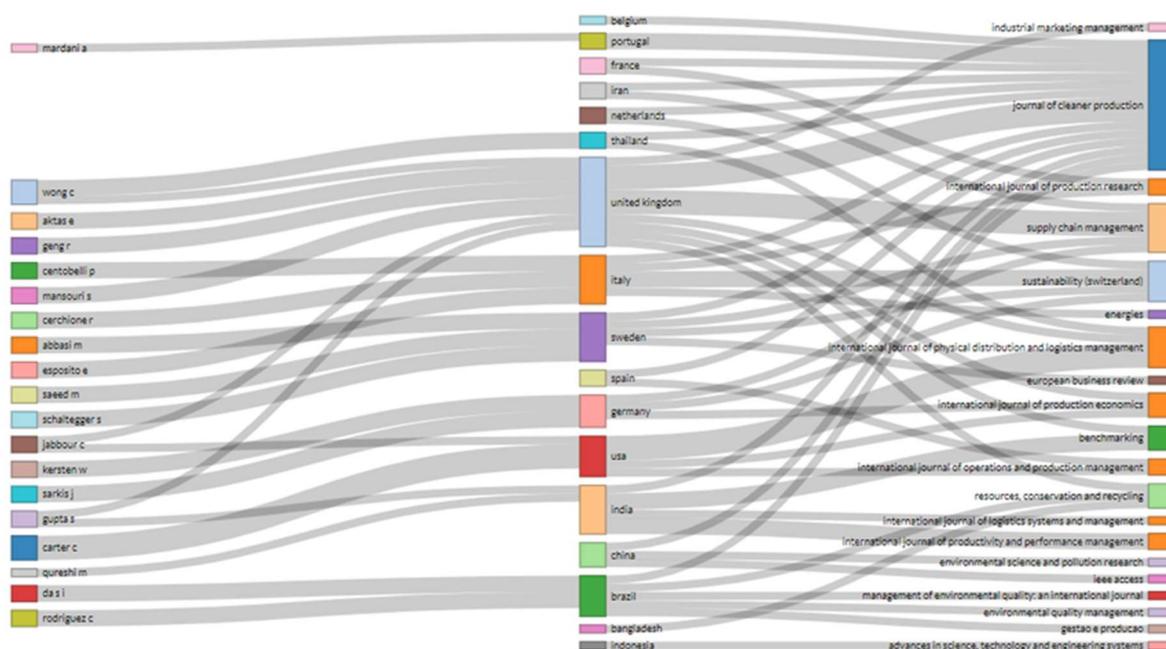
**Tabela 2.6 - Produção científica por autor - Índice h e número de citações (Autores com mais de um artigo selecionado)**

<b>Autor</b>	<b>Índice h</b>	<b>Citações</b>	<b>Artigos</b>
CARTER C	3	793	3
WONG C	2	245	2
AKTAS E	2	208	2
GENG R	2	208	2
MANSOURI S	2	208	2
ABBASI M	2	142	2
SCHALTEGGER S	2	124	2
CENTOBELLI P	2	99	2
CERCHIONE R	2	99	2
ESPOSITO E	2	99	2
SARKIS J	2	77	2
MARDANI A	2	46	2
QURESHI M	2	22	2
RODRIGUEZ C	2	20	2
NILSSON F	1	125	2
DA S I	1	93	1
GUPTA S	1	48	2
KERSTEN W	1	26	2
SAEED M	1	26	2
JABBOUR C	1	23	2
SHEKARIAN E	1	9	2

**Fonte:** Autoria própria.

Após analisar individualmente os indicadores bibliométricos acima, foi feita uma correlação entre alguns, conforme observado na Figura 2.3. Ao relacionar os campos Autor, País e Periódico, nota-se que os 20 autores mais expressivos, estão, como esperado, na Europa, com destaque para Reino Unido, Itália e Suécia. Outro ponto relevante é a forte relação entre artigos de origem europeia e o periódico *Journal of Cleaner Production*, e, a ausência de artigos selecionados de origem estadunidenses neste periódico. Este país por sua vez, tem seus principais artigos publicados no *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*.

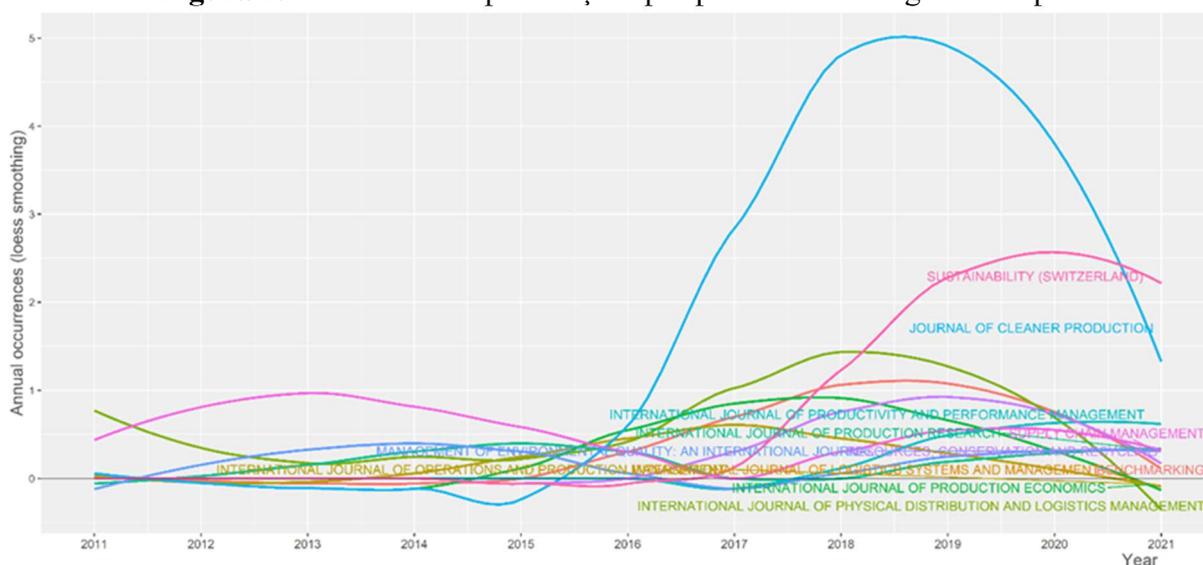
**Figura 2.3** – Gráfico de três campos (Autor X País X Periódico)



**Fonte:** Autoria própria / Bibliometrix.

Ao relacionar a evolução do número de publicações nos principais periódicos ao passar dos anos, nota-se na Figura 2.4 que nos anos de 2018 e 2019 houve um aumento no número de revisões sistemáticas da literatura pertinentes aos temas deste estudo, em todos os periódicos, com destaque para o *Journal of Cleaner Production*, porém, em 2020 houve uma redução, exceto no periódico suíço *Sustainability*.

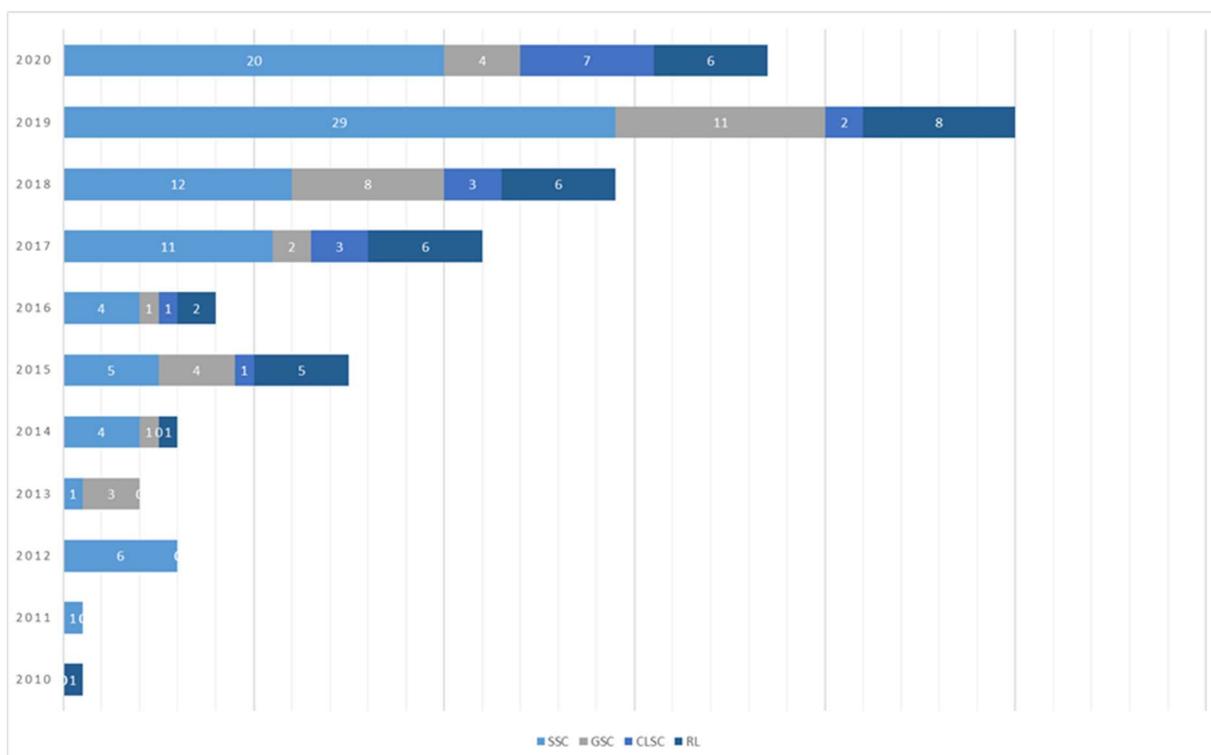
**Figura 2.4** – Número de publicações por periódico ao longo do tempo



**Fonte:** Autoria própria / Bibliometrix.

Por fim, após leitura integral dos 84 artigos, foi pertinente levantar quais deles abordaram de alguma maneira cada tema relacionado a este estudo. Assim, após um levantamento de quais temas tiveram definições apontadas em cada artigo, os dados foram compilados e podem ser observados na Figura 2.5.

**Figura 2.5** – Frequência em que cada termo fez parte de uma revisão sistemática em um dado ano

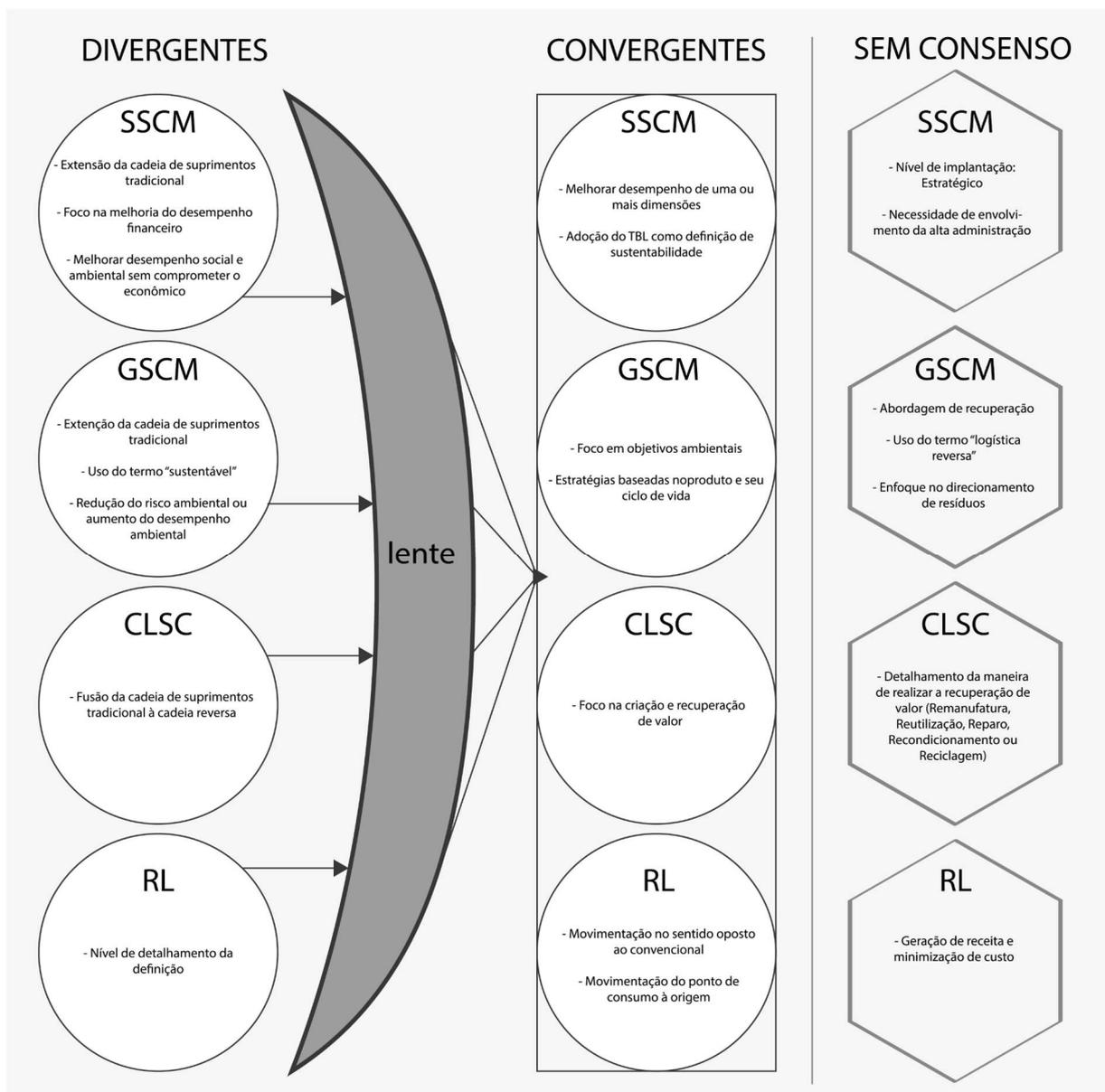


**Fonte:** Autoria própria / Bibliometrix.

## 2.4 DISCUSSÃO

Uma vez feita a análise bibliométrica dos artigos levantados, este estudo propõe-se agora a discutir como os termos SSCM, GSCM, CLSC e RL têm sido definidos e caracterizados, e em quais pontos as definições convergem, divergem, e não apresentam consenso. Os resultados podem ser visualizados na Figura 2.6. A descrição e detalhamento de cada relação de convergência e divergência é apresentada nos tópicos a seguir.

**Figura 2.6** - Síntese dos resultados da revisão sistemática da literatura



**Fonte:** Autoria própria.

### 2.4.1 Sustainable *Supply chain Management*

A literatura sobre SSCM apresenta uma série de definições sobre o termo. Dentre os artigos levantados, foram encontradas 19 definições referentes ao termo “Sustainable *Supply Chain Management*” (SSCM). As definições mais recorrentes, são as de Carter e Rogers (2008) e Seuring e Muller (2008), encontradas em, respectivamente, 18 e 12 artigos.

Analisando as definições em busca de características convergentes entre si, observa-se claramente a adoção do tripé da sustentabilidade, como parâmetro de referência ao conceito de sustentabilidade propriamente dito, abordando analítica – citando claramente: econômico, social e ambiental (AHI e SEARCY, 2013; CARTER e ROGERS, 2008; SEURING e MÜLLER, 2008; TURKER e ALTUNTAS, 2014) ou sintética – TBL ou três dimensões da sustentabilidade (CILIBERTI; PONTRANDOLFOA; SCOZZI, 2008; ROY; SCHOENHERR; CHARAN, 2018; GIMENEZ; SIERRA; RODON, 2012; HASSINI; SURTI; SEARCY, 2012). Outros, porém, limitam-se a incorporar os termos “sustentável” ou “sustentabilidade” em suas definições (TONELLI; EVANS; TATICCHI, 2013; PAGELL e WU, 2009; WOLF e SEURING, 2010; DYLLICK e HOCKERTS, 2002). Apesar da diferença de abordagem do tema sustentabilidade, a literatura não demonstra conflito no entendimento de sustentabilidade. Tal convergência demonstra que é predominante dentre os pesquisadores que o sistema SSCM tem dentre suas premissas teóricas aspectos ligados ao tripé da sustentabilidade, sendo econômico, ambiental e social, sendo que esses autores estão presentes nas revistas com maior fator H e possuem um maior número de citações, vide análise realizada na tabela 8.

Uma ou Duas dimensões do tripé da sustentabilidade são descritas nesses trabalhos (WITTSTRUCK e TEUTEBERG, 2012; GIANNAKIS e PAPADOPOULOS, 2016; GOPAL e THAKKAR, 2015; KHAN e DONG, 2017).

Outro ponto de convergência entre as definições encontradas que trazem um objetivo principal explícito, é que a SSCM busca melhorar o desempenho da cadeia de suprimentos (AHI e SEARCY, 2013; HASSINI; SURTI; SEARCY, 2012; CARTER e ROGERS, 2008; GIMENEZ; SIERRA; RODON, 2012; KHAN e DONG, 2017). Todavia, nem todos os autores especificam qual das dimensões de sustentabilidade deve ter seu desempenho melhorado. Alguns autores apontam que o objetivo a ser melhorado é o econômico, levando em consideração os aspectos ambientais e sociais, dando um caráter secundário a essas dimensões (AHI e SEARCY, 2013; CARTER e ROGERS, 2008). Outros autores destacam a importância

de todos os aspectos serem igualmente melhorados (HASSINI; SURTI; SEARCY, 2012). Há ainda autores que dão ênfase maior aos aspectos social e ambiental, sem comprometer o desempenho financeiro, como sugere Gimenez, Sierra e Rodon (2012).

As definições encontradas apresentam alguns pontos onde não há consenso, ou seja, apesar das diferenças entre as ênfases, nenhuma contradição foi identificada. Um destes pontos é o nível de implantação da SSCM. Carter e Rogers (2008) trazem que se trata de uma decisão estratégica e, semelhantemente, Pagell e Wu (2009) abordam que são ações tomadas pela alta gestão. Observa-se então que para se adotar a Gestão da Cadeia de Suprimentos Sustentável, é preciso uma mobilização integral da empresa, e que os fundamentos e objetivos de sustentabilidade permearão o processo produtivo bem como as relações e cooperações entre a empresa e seus parceiros (AHI e SEARCY, 2013; KIM; JEONG; JUNG, 2014; SEURING e MÜLLER, 2008; GOPAL e THAKKAR, 2015; GIMENEZ; SIERRA; RODON, 2012).

Uma das principais diferenças entre as definições de SSCM diz respeito ao seu detalhamento. Isso é importante para a caracterização dos estudos pertinentes ao tema. Alguns autores apenas mencionam que SSCM é a incorporação de sustentabilidade aos processos tradicionais da cadeia de suprimentos (TURKER e ALTUNTAS, 2014; CILIBERTI; PONTRANDOLFOA; SCOZZI, 2008). Por outro lado, autores como Ahi e Searcy (2013), Carter e Rogers (2008) e Seuring e Muller (2008) apresentam definições com maior grau de detalhamento quanto aos objetivos, atores envolvidos e processos a serem considerados quando se caracteriza uma SSCM.

**Tabela 2.7** – Síntese da discussão do termo SSCM

<b>Convergência</b>	<b>Sem consenso</b>	<b>Divergência</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melhorar desempenho de uma ou mais dimensões</li> <li>- Adoção do TBL como definição de sustentabilidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nível de implantação: estratégico</li> <li>- Necessidade de envolvimento da alta administração</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extensão da cadeia de suprimentos tradicional</li> <li>- Foco na melhoria desempenho financeiro</li> <li>- Melhorar desempenho social e ambiental sem comprometer o econômico</li> </ul>

**Fonte:** Autoria própria.

### 2.4.2 Green *Supply chain Management*

As definições existentes na literatura sobre GSCM são diversas. A revisão sistemática encontrou 73 declarações que buscam descrever o termo “Green *Supply chain Management*” (GSCM). Entre as definições de GSCM, a de Srivastava (2007) foi referenciada em 11 dos artigos identificados nesta pesquisa.

Analisando as definições em busca de características convergentes entre si, nota-se que o foco ambiental é majoritário como prioridade dentro do conceito, sendo apresentado em 56 definições. Tal convergência é fundamental para a caracterização e diferenciação do termo dentro de um contexto de sustentabilidade, visto que essa tem como pilares a dimensão social e econômica, além da ambiental.

As definições encontradas concordam que GSCM está relacionado aos produtos e seu ciclo de vida. Por isso, aspectos como o projeto dos produtos, materiais, design e processos de fabricação, devem ser levados em consideração na implantação de GSCM (CHARKHA e JAJU, 2014; GENG; MANSOURI; AKTAS, 2017; HANDFIELD et al., 1997; H'MIDA e LAKHAL, 2007; KALPANDE e TOKE, 2020; KOGG, 2003; SHEU; CHOU; HU, 2005; SIMPSON e POWER, 2005; SRIVASTAVA, 2007; WALKER e JONES, 2012; WALKER; DI SISTO; MCBAIN, 2008; WANG e SHEN, 2004; WEE et al., 2011; WU e PAGELL, 2011; WU et al., 2015; XU; HU; GAO, 2013; ZHU e SARKIS, 2004; ZHU; SARKIS; LAI, 2008; ZSIDISIN e SIFERD, 2001).

Expandindo para o ciclo de vida do produto, outro consenso encontrado é o emprego de reutilização e reciclagem na cadeia de suprimentos (BEAMON, 1999; GENG; MANSOURI; AKTAS, 2017; GUIDE e VAN WASSENHOVE, 2009; KOGG, 2003; NARASIMHAN e CARTER, 1998; WANG e GUPTA, 2011; ZHU e SARKIS, 2004; ZHU; SARKIS; LAI, 2008; ZSIDISIN e SIFERD, 2001).

Alguns aspectos mencionados pelos autores não apresentam convergência. Por exemplo, embora a “reutilização” e “reciclagem” estejam claramente empregadas nas definições para GSCM, o termo “recuperação” não é amplamente adotado, o que leva à inclusão do conceito de Logística Reversa dentro da GSCM, e apenas alguns autores incorporam o termo em suas definições (BANSAL e ROTH, 2000; HERVANI; HELMS; SARKIS, 2005; KALPANDE e TOKE, 2020; SAADANY; JABER; BONNEY, 2011; SARKIS, 1998; SARKIS, 2003; SARKIS; ZHU; LAI, 2011; SHEU; CHOU; HU, 2005; ZHU e SARKIS, 2004).

Outro ponto sem consenso entre os autores, é a abordagem quanto a responsabilidade e direcionamento dos resíduos, enquanto a maioria aborda o produto como um todo, apenas 3 incluíram em suas definições para GSCM, a atenção para os resíduos gerados pelo produto e sua destinação (BEAMON, 1999; DAS e POSINASETTI, 2015; SAADANY; JABER; BONNEY, 2011).

As definições encontradas revelaram alguns pontos em que há divergências entre os autores. Enquanto algumas definições enfatizam como objetivo a redução do risco ambiental (ANDIC; YURT; BALTACIOĞLU, 2012; BEAMON, 1999; SHARMA; CHANDNA; BHARDWAJ, 2017; LO; LIOU; WANG; TSAI, 2018; VANALLE et al., 2017; ZHAO et al., 2017; ZHU; SARKIS; GENG, 2005), outras declaram que o objetivo é melhorar o desempenho ambiental (CHARKHA e JAJU, 2014; DAS e POSINASETTI, 2015; GAVRONSKI et al., 2011; GODFREY, 1998; H'MIDA e LAKHAL, 2007; LEE e KLASSEN, 2008; MALVIYA e KANT, 2015; SIMPSON e POWER, 2005) e há a definição de Buyukozkan e Cifci (2012) que considera ambos.

Outro ponto em que parece haver discordância é a abrangência do termo, enquanto parte da literatura traz uma definição ampla para o termo GSCM, outros o definem apenas como uma extensão da cadeia de suprimentos tradicional (ALBINO; BALICE; DANGELICO, 2009; ANDIC; YURT; BALTACIOĞLU, 2012; BANSAL e ROTH, 2000; GUIFFRIDA et al., 2011; KLASSEN e JOHNSON, 2004; LORENTZ et al., 2011; NEKMAHMUD et al., 2020; PARMIGIANI; KLASSEN; RUSSO, 2011; LO; LIOU; WANG; TSAI, 2018; SARKIS, 2012; VACHON e KLASSEN, 2006).

Por fim, embora haja consenso quanto à abordagem ambiental, alguns autores incluem as esferas econômica e social, ou ainda o termo “sustentável”, dentro do conceito GSCM (CARTER e ROGERS, 2008; GREEN et al., 2012; SEURING e MULLER, 2008; WU et al., 2015; XU; HU; GAO, 2013).

**Tabela 2.8** – Síntese da discussão do termo GSCM.

<b>Convergência</b>	<b>Sem consenso</b>	<b>Divergência</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Foco em objetivos ambientais.</li> <li>- Estratégias baseadas no produto e seu ciclo de vida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abordagem da recuperação</li> <li>- Uso do termo “logística reversa”</li> <li>- Enfoque no direcionamento resíduos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extensão da cadeia de suprimentos tradicional</li> <li>- Uso do termo “sustentável”</li> <li>- Redução do risco ambiental ou aumento do desempenho ambiental</li> </ul>

**Fonte:** Autoria própria.

### **2.4.3 Closed-loop *Supply chain Management***

Dentre os termos pesquisados, o Closed-loop *Supply chain Management* (CLSCM) é o mais recente, com as primeiras definições sendo encontradas em 2006, e conta com apenas 12 definições. Ainda há grande dispersão quanto às definições adotadas, Guide e Van Wassenhove foram os únicos autores citados mais de uma vez (SCHENKEL et al., 2015; GLOCK, 2017; LARSEN et al., 2018; MATHIYAZHAGAN et al., 2020; SHEKARIAN, 2020; DUBEY; GUNASEKARAN; PAPADOPOULOS, 2017), tanto a primeira (GUIDE e VAN WASSENHOVE, 2006) quanto a segunda e mais recente definição (GUIDE e VAN WASSENHOVE, 2009). Esse fato pode denotar que a área de pesquisa precisa ser consolidada ou que as duas outras áreas GSCM e posteriormente SSCM vieram a incorporar o termo CLSC

O principal ponto de convergência entre as 12 definições encontradas é que as ações de CLSCM são voltadas à recuperação e reinserção de valor de materiais e produtos após atingirem o fim de vida, como apontado em 8 definições. (ÁLVAREZ-GIL et al., 2007; FRENCH e LA FORGE, 2006; GUIDE e VAN WASSENHOVE, 2006; GUIDE e VAN WASSENHOVE, 2009; MASI; DAY; GODSELL, 2017; RAZA, 2020; SOLEIMANI; SEYYED-ESFAHANI; GOVINDAN, 2014; STINDT et al., 2016).

No tocante à falta de consenso entre definições encontradas, podemos apontar que falta um detalhamento da referida recuperação de valor, pois, apenas a definição trazida por Mais,

Day e Godsell (2017) faz menção de remanufatura, reutilização, reparo, recondicionamento ou reciclagem.

Há ainda autores que correlacionam CLSCM a uma cadeia de suprimentos reversa (ÁLVAREZ-GIL et al., 2007; MISHRA et al., 2017; STINDT et al., 2016), todavia apenas a definição de Abbasi e Nilsson (2012) correlaciona ao conhecido termo Logística Reversa, embora esteja implícita sua prática para atingir uma recuperação de valor.

Por fim, assim como nos demais termo estudados, há divergência nas definições quanto ao seu detalhamento. Embora haja autores que trazem uma definição completa e rica em detalhes (ÁLVAREZ-GIL et al., 2007; FRENCH e LA FORGE, 2006; GUIDE e VAN WASSENHOVE, 2009; MASI; DAY; GODSELL, 2017; RAZA, 2020; STINDT et al., 2016), Mishra et al. (2017) opta em definir CLSCM como a junção da cadeia de suprimentos tradicional a uma cadeia reversa.

**Tabela 2.9** – Síntese da discussão do termo CLSCM

<b>Convergência</b>	<b>Sem consenso</b>	<b>Divergência</b>
- Foco na criação e recuperação de valor.	- Detalhamento da maneira de realizar a recuperação de valor (Remanufatura, Reutilização, Reparo, Recondicionamento ou Reciclagem).	- Fusão da cadeia de suprimentos tradicional à cadeia reversa.

**Fonte:** Autoria própria.

#### **2.4.4 Reverse Logistics**

O quarto e último termo objeto de pesquisa, foi “Reverse Logistics” (RL). O ANEXO 4 traz a tabela com 16 definições diferentes encontradas, sendo a de Rogers; Tibben-Lembke (1999), a mais adotada, citada em 8 artigos (MATHIYAZHAGAN et al., 2020; PAULA et al., 2019; PRAJAPATI; KANT; SHANKAR, 2019; RAZA, 2020; BOUZON; MIGUEL; RODRIGUEZ, 2014; FERNANDES; RODRIGUEZ; BORNIA, 2018; LARSEN et al., 2018; MAHESWARI; YUDOKO; ADHIUTAMA, 2018).

O principal ponto de concordância entre as definições é que, a Logística Reversa (RL) tem como objetivo o movimento de produtos no sentido oposto ao convencional, ou do ponto de consumo à origem (ABBASI e NILSSON, 2012; ASHBY; LEAT; HUDSON-SMITH, 2012; DHAKAL; SMITH; NEWBERY, 2016; DOWLATSHAHI, 2000; FLEISCHMANN, 2001; FONSECA et al., 2017; GONÇALVES e MARINS, 2006; KRIKKE; BLOEMHOF-RUWAARD; VAN WASSENHOVE, 2003; PRAJAPATI; KANT; SHANKAR, 2019; ROGERS e TIBBEN-LEMBKE, 1999)

Embora pareça óbvia a consideração acima, ela diverge no nível de detalhamento proposto pela definição. Enquanto há autores que discorrem sobre o que há no fluxo reverso e com que objetivo ele ocorre (FLEISCHMANN, 2001; FONSECA et al., 2017; ROGERS e TIBBEN-LEMBKE, 1999), há autores que simplificam à literalidade da expressão, como Ashby, Leat e Hudson-Smith (2012) ao afirmarem que logística reversa refere-se a produtos devolvidos pelo cliente à empresa focal, e Prajapati, Kant e Shankar (2019) alegando ser o exercício reverso do fluxo de produção convencional.

Sem concordância, é possível observar o uso da logística reversa como oportunidade de geração de receita para o fabricante e um instrumento para minimizar o custo, conforme apontado por Raza (2020).

**Tabela 2.10** – Síntese da discussão do termo RL

<b>Convergência</b>	<b>Sem consenso</b>	<b>Divergência</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Movimentação no sentido oposto ao convencional.</li> <li>- Movimentação do ponto de consumo à origem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geração de receita e minimização de custo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nível de detalhamento da definição.</li> </ul>

**Fonte:** Autoria própria.

#### **2.4.5 Outros termos menos citados**

Além dos 4 termos discutidos anteriormente, esta revisão identificou outros termos recorrentes ao tema aqui abordado e traz a seguir, definições para estes termos, uma vez que além de serem pertinentes, contribuem para um maior entendimento do assunto.

Além da cadeia de suprimentos, a logística também tem sua vertente sustentável e verde. Bask e Rajahonka (2017) definem *Green and Sustainable Logistics* (G&SL) como sendo “o planejamento, controle, gestão e implementação de sistema de logística por meio de tecnologias avançadas de logística e gestão ambiental, com o objetivo de reduzir as emissões de poluentes e melhorar a eficiência logística”.

Por sua vez, além da logística, a literatura aponta definição para uma cadeia de suprimentos reversa. Mathiyazhagan et al. (2021) realizaram uma revisão exclusivamente a respeito de *Reverse Supply Chain Management* (RSCM) e conceituam o termo como “a gestão eficaz e eficiente da série de atividades necessárias para recuperar um produto de um cliente, seja para descartá-lo ou recuperar seu valor” (PRAHINSKIA e KOCABASOGLU, 2006).

Além dos termos diretamente correlatos, SSCM, GSCM e G&SL, e RL e RSCM, nas revisões de literatura objetos deste estudo, outros 2 termos foram recorrentes. *Corporate Social Responsibility* (CSR), definido por Davis (1973) como “a consideração da empresa, e a resposta a questões além das exigências econômicas, técnicas e legais estreitas da empresa” é o termo mais antigo dentre os estudados nesta meta-revisão. Termo este que foi redefinido pela Comissão Europeia (2011) como “criar condições favoráveis ao crescimento sustentável, comportamento empresarial responsável e geração de empregos duráveis no médio e longo prazo”.

Por fim, embora esta revisão não tenha encontrado um termo análogo ao CLSC, relacionado à logística, um termo frequentemente associado a esse em diversas revisões é a Economia Circular (CE). Murray, Skene e Haynes (2017) definem CE como um modelo econômico em que recursos, compras, produção, reprocessamento são projetados para considerar o desempenho ambiental e o bem-estar humano.

#### **2.4.6 Comparação / Análise cruzada**

Após analisar todos os termos aqui abordados, é inevitável correlacioná-los. Primeiramente, ao observar as datas dos artigos originais onde definições e conceitos foram propostos, nota-se que o início das discussões a respeito de sustentabilidade e meio ambiente no meio corporativo, se deu de maneira genérica e abordando ações que estavam além das exigências econômicas, técnicas e legais da empresa (DAVIS, 1973).

Uma vez instituída essa necessidade – de ir além do exigido – se estabelece então os conceitos estudados. SSCM, como observado na sessão 4.1, tem sua definição mais antiga e simplificada com Dyllick e Hockerts (2002), mas, seis anos depois apresenta-se com o escopo mais abrangente de todos. Em suas definições mais representativas (CARTER e ROGERS, 2008; SEURING e MÜLLER, 2008), observa-se a incisiva integração do social, econômico e ambiental, bem como um amplo escopo de atuação na cadeia de suprimentos como um todo. Mesmo com a ascensão de revisões sistemáticas sobre o tema, como observado entre 2017 e 2020, SSCM mostra-se como um conceito consolidado e com pouca variação entre suas definições.

Por outro lado, o conceito de GSCM, é o teve um maior número de definições, e com diversas variações entre si. A começar pelo fato que alguns autores incutem o conceito de sustentabilidade e uma prática que, como visto, é de foco majoritariamente ambiental. Alguns, inclusive, adotam as definições de Carter e Rogers (2008) e, Seuring e Müller (2008) – consolidadas em SSCM – como sendo GSCM, criando uma certa ambiguidade (DUBEY; GUNASEKARAN; PAPADOPOULOS, 2017; MARDANI; KANNAN; HOOKER, 2020). Excetuando essa sobreposição de termos, nota-se que o consenso em GSCM é a preocupação ambiental e o foco no produto, tendo no trabalho de Srivastava (2007) sua definição mais representativa.

Dentre os quatro termos, objetos de estudo nesta meta-revisão, a Logística Reversa é o que teve uma definição proposta e consolidada mais cedo, com o trabalho de Rogers e Tibben-Lembke (1999). Trata-se também do conceito mais restritivo em termos operacionais, visto que contempla apenas a logística dentro do universo da cadeia de suprimentos. Todavia este termo pode ter surgido primeiramente e sido o início das práticas voltadas para recuperação de produto e preocupações ambientais, como visto relacionado à GSCM.

Por fim, como termo mais recente e ainda em processo de consolidação, tem-se o CLSC, onde há não apenas a recuperação produto e resíduos cuja força motriz é a logística reversa (DHAKAL; SMITH; NEWBERY, 2016), mas também a recuperação e criação de valor, integrando uma cadeia de suprimentos direta e reversa (ÁLVAREZ-GIL et al., 2007; MISHRA et al., 2017; GUIDE e VAN WASSENHOVE, 2009; SHEKARIAN e FLAPPER, 2021), semelhante ao observado no modelo de Economia Circular. Nesta forma de gestão da cadeia de suprimentos – CLSC – há, ainda que menos incisiva, o foco em sustentabilidade (MASI; DAY;

GODSELL, 2017) e criação de novos negócios (SOLEIMANI; SEYYED-ESFAHANI; GOVINDAN, 2014).

## 2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro das limitações deste estudo, após analisar as relações entre os termos “Sustainable supply chain management”; “Green supply chain management”; “Closed-Loop supply chain”, “Reverse Logistics” e termos correlatos, é possível inferir com base nas definições identificadas pelas diversas revisões sistemáticas conduzidas sobre esses temas, que, embora seja possível conceituá-los e diferenciá-los, há nítidos pontos de intersecção e convergência entre si.

Os objetivos ambientais estabelecidos por uma Gestão da Cadeia de Suprimentos Sustentável (SSCM), podem ser alcançados por meio de estratégias no desenvolvimento de produtos, previstas na GSCM, e esta por sua vez requer o máximo desempenho da Logística Reversa.

Essa última, no entanto, desponta como força motriz operacional, para a aplicação dos conceitos de economia circular no âmbito da Cadeia de Suprimentos, permitindo a existência de uma Cadeia de Suprimentos de Ciclo Fechado (CLSC), e esta por sua vez, também sob práticas de GSCM, vai além e é capaz de promover objetivos além dos ambientais, tornando-se uma estratégia para culminar em uma Cadeia de Suprimentos Sustentável.

Haja vista o exposto, são conceitos diferentes, porém correlatos, todavia este trabalho propôs uma análise conceitual, deixando como oportunidade de pesquisas futuras, a análise de como eles coexistem nas esferas estratégicas, táticas e operacionais.

---

# **ESTUDO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE MEDICAMENTOS DA SESA/PR CONSIDERANDO OBJETIVOS DE CUSTOS LOGÍSTICOS E SUSTENTABILIDADE**

---

## **3.1 INTRODUÇÃO**

Os anseios dos gestores das organizações públicas e o interesse da sociedade de uma forma geral no tocante ao gasto em medicamentos têm crescido no Brasil, particularmente, a partir do fim dos anos 1990, quando foi aprovada a Política Nacional de Medicamentos – PNM (BRASIL, 1998). Com a publicação da Política Nacional de Assistência Farmacêutica – PNAF (BRASIL, 2004), acentuou-se a implementação de programas nesta área, destinados a ampliar o acesso da população a medicamentos por meio do Sistema Único de Saúde (SUS), e aumentaram-se os gastos do governo com esses produtos.

Essa não é uma questão apenas de interesse nacional, mas também um assunto que tem sido pauta na agenda internacional há algumas décadas. Em 2013, a média do gasto em medicamentos de países da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) se aproximava de 20% do gasto em saúde, alcançando cerca de US\$ 800 bilhões (BELLONI, MORGAN E PARIS, 2016). No Brasil, a participação do gasto em medicamentos no gasto total em saúde variou de 22,4% em 2010 para 18,4% em 2017. Neste mesmo ano, as famílias arcaram com 92% da despesa de consumo final de medicamentos do país (IBGE,

2019).

Determinou-se em 2004, por meio da Resolução Nº 338 do Ministério da Saúde, a organização da Política Nacional de Assistência Farmacêutica nos três níveis de gestão, Federal, Estadual e Municipal. A Assistência Farmacêutica trata de um conjunto de ações voltadas à promoção, proteção e recuperação da saúde, tendo o medicamento como insumo essencial (BRASIL, 2004).

A resolução também descreve que este conjunto de ações envolve, desde ações de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) e todo o processo produtivo, a aquisição e distribuição de medicamentos, insumos, produtos e serviços, na perspectiva da obtenção de resultados concretos e da melhoria da qualidade de vida da população (BRASIL, 2004). Para a efetiva implementação da Assistência Farmacêutica é fundamental ter como princípio básico norteador o Ciclo da Assistência Farmacêutica (Figura 3.1), que é um sistema constituído pelas etapas de seleção, programação, aquisição, armazenamento, distribuição e dispensação, com suas interfaces nas ações da atenção à saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

**Figura 3.1 - Ciclo da Assistência Farmacêutica**



**Fonte:** Adaptado de: Ministério da Saúde (2006).

Por sua vez, a atividade de distribuição é de interesse público, pois é responsável por abastecer o mercado e ainda manter as características e qualidades dos produtos até o consumidor final (CARVALHO JUNIOR; MACEDO, 2012).

Apresentando uma sequência de etapas conceito muito semelhante, a logística, de acordo com Dornier *et al.* (2000), é a gestão de fluxos e operações que consiste em qualquer processo físico que aceite entradas e use recursos para transformá-las em saídas de valor, mediante um processo de planejamento, implementação e controle físico e de informações para atender as necessidades dos clientes. O mesmo autor ainda afirma que o setor de produtos de consumo exige: prazo curto de entrega, confiabilidade de entrega, nenhuma falta de estoque e qualidade de transporte (DORNIER *et al.*, 2000).

Todo o Ciclo de Assistência Farmacêutica é uma aplicação prática de logística, principalmente visto que o movimento de materiais de um ponto de armazenagem ou produção até o cliente (paciente) é um processo inerente ao sistema de distribuição. Abrangendo as funções de controle de estoque, manuseio de materiais e ou produtos acabados, armazenagem, transporte, gestão de pedidos, análise de locais e redes de distribuição (BERTAGLIA, 2003).

O setor farmacêutico precisa lidar com particularidades relativas ao produto em si, como: temperatura de armazenamento e tempo de vida útil, influenciando nos recursos necessários a serem alocados em cada instalação, bem como no desenho da rede de transporte. Tais características têm associado altos níveis de incerteza que afetam as operações da cadeia de suprimentos, aumentando a complexidade do gerenciamento da rede e, conseqüentemente, o processo de tomada de decisão (LEMMENS *et al.*, 2016; DUARTE *et al.*, 2022).

Não obstante à complexidade já descrita, a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável está pressionando o setor farmacêutico a cumprir várias metas para impulsionar políticas globais e nacionais para o progresso sustentável da sociedade. Sobretudo, no contexto desta pesquisa, destaca-se o terceiro objetivo, que busca apoiar o bem-estar em todas as idades e garantir uma vida saudável (ONU, 2018). Em especial o tópico 3.8, cujo objetivo é:

Atingir a cobertura universal de saúde, incluindo a proteção do risco financeiro, o acesso a serviços de saúde essenciais de qualidade e o acesso a medicamentos e vacinas essenciais seguros, eficazes, de qualidade e a preços acessíveis para todos (ONU, 2018).

Além do foco explícito no 3º Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS), também é necessário considerar os princípios de sustentabilidade na gestão da cadeia de suprimentos,

ou seja, em como as operações são geridas a fim de que se alcance o bem-estar e a vida saudável almejada. Isso é possível por meio dos três pilares da sustentabilidade: econômico, ambiental e social, geralmente conhecidos como *triple bottom line*.

Gerenciar cadeias de suprimentos farmacêuticas é uma tarefa complexa e, somada a isso, metas de sustentabilidade levaram a um maior nível de dificuldade que exige o desenvolvimento de ferramentas de apoio à decisão para auxiliar os gestores em suas decisões (BARBOSA-PÓVOA, 2014; DUARTE *et al.*, 2022).

O objetivo desta pesquisa é analisar a rede de distribuição de medicamentos, pertinentes ao Ciclo de Assistência Farmacêutica, feita pela Secretaria de Saúde do Estado do Paraná, considerando aspectos de sustentabilidade e apresentar uma ferramenta de apoio a tomada de decisão no planejamento desta rede para integrar decisões logísticas, de armazenamento e distribuição, ponderando objetivos econômico (minimizar custos), social (aumentar atendimento da demanda) e ambiental (minimizar emissão de CO<sub>2</sub> no transporte), utilizando ferramentas de programação linear inteira mista.

Este trabalho se justifica em duas dimensões básicas: prática e acadêmica. A justificativa prática parte do Artigo 2º, parágrafo VIII da Resolução 338 do Ministério da Saúde que diz que a Política Nacional de Assistência Farmacêutica deve englobar como um de seus eixos estratégicos, a implementação uma política pública de desenvolvimento científico e tecnológico de inovações que atendam os interesses nacionais e às necessidades e prioridades do SUS. (BRASIL, 2004).

Ou seja, otimizar a rede de distribuição de medicamentos, de forma que sejam superadas as dificuldades do planejamento logístico é fundamental para o êxito da Política Nacional de Assistência Farmacêutica, e no estado do Paraná ainda não houve nenhuma proposta de otimização dessa rede. Não menos importante, esta pesquisa norteia-se em buscar uma otimização que esteja alinhada a aspectos de sustentabilidade, ou seja, que contemple melhorias econômicas, sociais e ambientais.

O desabastecimento de medicamentos essenciais nas farmácias básicas municipais, incluindo alguns insumos ambulatoriais, se tornou uma realidade nos últimos meses. Problemas no fornecimento pelo Ministério da Saúde, movimentos de protesto de funcionários em portos e aeroportos, questões envolvendo a política internacional como dificuldades de importação de insumos, por causa da guerra na Ucrânia e do lockdown na China são alguns dos motivos mais

relatados (CNM, 2022). Uma pesquisa da Confederação Nacional de Municípios (CNM) apontou que 80,4% dos 2.469 municípios que responderam à consulta relataram falta de medicamentos básicos da assistência farmacêutica.

No Paraná, foram contatados 277 municípios e em 85,2% (236) dos respondentes ocorre falta de medicamentos da lista básica ou componente básica. Outra preocupação que a CNM verificou junto das gestões foi o tempo de falta desses medicamentos e insumos. A maioria das gestões (50,2%) indicou que falta dos produtos se dá entre 30 e 90 dias (CNM, 2022).

Em nível nacional, o estudo concluiu que existe há mais de 90 dias desabastecimento crônico de medicamentos básicos e especializados que está afetando os serviços públicos de saúde, inclusive os básicos, estruturas nas quais a população busca atendimento de questões respiratórias e do pós-covid19, onde se acolhem as populações com doenças crônicas como hipertensão e diabetes (CNM, 2022).

Sob o ponto de vista científico, as áreas de conhecimento que norteiam esta pesquisa estão consolidadas. Gestão da cadeia de suprimentos e Pesquisa Operacional são temas alicerçados em anos de pesquisas (SIMCHI-LEVI, KAMINSKY, SIMCHI-LEVI, 2010; BELFIORE e FÁVERO, 2013). Sustentabilidade, embora um conceito mais recente, tem uma vasta literatura prática e conceitual, aplicada nos conceitos supracitados, haja vista os trabalhos de Seuring e Müller (2008), Carter e Rogers (2008) e Carter e Easton (2011) sobre Gestão da cadeia de suprimentos sustentável, e de Brandenburg *et al.* (2014) e Tang e Zhou (2012) sobre Pesquisa Operacional e sustentabilidade.

Ao afinar o escopo de pesquisa, trazendo o contexto da Cadeia de Suprimentos Farmacêuticos para os estudos de Pesquisa Operacional, constata-se que há uma literatura em expansão (LEVIS e PAPAGEORGIOU, 2004; SOUZA, SHAH e PAPAGEORGIOU, 2005; SINGH e GOH, 2019; GOODARZIAN *et al.*, 2020). Porém, nestes tópicos, ainda são raros os estudos com análises que consideram aspectos de sustentabilidade (WERAIKAT, ZANJANI e LEHOUX, 2016; ZAHIRI, ZHUANG e MOHAMMADI, 2017, ZANDIEH *et al.* 2018; WERAIKAT, ZANJANI e LEHOUX, 2019).

Assim, a justificativa acadêmica se relaciona com trabalhos correlatos, descritos no próximo capítulo. A literatura demonstra que há uma lacuna de estudos que sobreponham os métodos de programação linear inteira mista no campo logístico de uma cadeia de suprimentos farmacêuticos, sob a perspectiva sustentável e que atenda o setor público de medicamentos.

## 3.2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 3.2.1 Cadeias de Suprimentos Farmacêuticos

A indústria farmacêutica pode ser definida como uma combinação de processos, organizações e operações envolvidas no desenvolvimento, design e fabricação de medicamentos úteis (SHAH, 2004). A indústria farmacêutica está inserida no ramo das empresas tecnológicas de alto valor agregado, requerendo alto grau de investimento em P&D para inovação e introdução de novos produtos.

A abrangência de atividades do setor farmacêutico é grande, cobrindo áreas como pesquisa, desenvolvimento, produção, comércio e distribuição de medicamentos. O setor farmacêutico é reconhecido por ser um dos mais dinâmicos, competitivos e lucrativos da economia mundial, com um faturamento de cerca de US\$ 670 bilhões em 2007, de acordo com o IMS HEALTH (2008). É um setor estratégico para um país e envolve uma cadeia tecnológica complexa, com a participação de empresas, universidades, instituições de pesquisa e governo.

Esse setor pode ser descrito como um oligopólio diferenciado, onde as dez maiores empresas detêm aproximadamente 41% do market share global. Entretanto, individualmente, nenhuma dessas empresas detém mais do que 6% de participação de mercado (GOMES, 2014). De acordo com Oliveira *et al.* (2006), o setor de medicamentos é composto por um conjunto de oligopólios que oferecem uma variedade de produtos diferenciados em segmentos de classes terapêuticas específicas. A tabela 3.1 apresenta as maiores companhias com vendas de medicamentos no mundo. Os dados utilizados, bem como as projeções apresentadas para 2024, são do relatório Evaluate (2019).

O mercado de medicamentos se diferencia de outras atividades industriais e comerciais por três características principais, como apontado por Hasenclever *et al.* (2010). Em primeiro lugar, há uma variação no regime de saúde pública, em que cada país possui um aparato regulatório específico para aprovação, comercialização e controle (ou não) de preços de medicamentos. Além disso, os controles sanitários, biológicos e farmacotécnicos também variam de país para país, embora existam resoluções da Organização Mundial da Saúde (OMS) com princípios e padrões básicos, seguidos pela maioria dos países filiados à Organização das Nações Unidas (ONU). Essa variação regulatória exige que as empresas farmacêuticas internacionais sejam flexíveis para atender às legislações locais e, simultaneamente, maximizar

seus lucros. Como resultado, a homogeneização das discrepâncias regulatórias regionais é o foco das iniciativas de harmonização das agências sanitárias internacionais.

**Tabela 3.1** – Maiores empresas de medicamentos do mundo.

<b>Rank</b>	<b>Empresas</b>	<b>Vendas em 2018 (US\$ bilhões)</b>	<b>Vendas em 2024 (US\$ bilhões)</b>	<b>Crescimento</b>
1	Pfizer	43,3	51,2	+2,1%
2	Novartis	43,5	49,8	+2,3%
3	Roche	44,6	46,7	+0,8%
4	Johnson & Johnson	38,8	45,8	+2,8%
5	Merck & Co	37,4	42,5	+2,2%
6	Sanofi	35,1	40,7	+2,5%
7	GlaxoSmithKline	30,6	38,7	+4,0
8	AbbVie	32,1	35,0	+1,4%
9	Takeda	17,4	32,3	+10,8%
10	AstraZeneca	20,7	32,2	+7,7%
<b>Total</b>		<b>345,4</b>	<b>414,8</b>	<b>+3,1%</b>

**Fonte:** Adaptado de Evaluate (2019).

A dinâmica de oferta e demanda da indústria de medicamentos apresenta peculiaridades que também a tornam distinta de outras atividades comerciais. A demanda por medicamentos é constituída pelos pacientes, que, no entanto, não têm ingerência sobre o processo de prescrição, já que esta é feita por profissionais da saúde. Além disso, a demanda é influenciada pelo marketing agressivo realizado pela indústria farmacêutica, que detém todas as informações relevantes sobre o produto. Dessa forma, os consumidores tornam-se reféns desse processo,

enquanto os produtores exercem amplo poder de mercado. Por outro lado, a oferta é formada pelos produtores de medicamentos, cuja função é desenvolver novas tecnologias e atender às necessidades dos indivíduos, considerando o perfil epidemiológico de cada população (SILVA & FERREIRA JUNIOR, 2014).

No que se refere à tecnologia empregada, a indústria farmacêutica é classificada como uma indústria intensiva em tecnologia (science based), integrando a taxonomia usual de organização industrial com a taxonomia dos processos de inovação (GADELHA et al., 2003).

A diferenciação dos produtos no setor de medicamentos ocorre com base em classe terapêutica, princípio ativo, composição química e embalagens, resultando em uma ampla variedade de opções disponíveis para o consumidor, o que torna a escolha racional do produto mais difícil. Esse setor é, portanto, um campo de atuação altamente dependente da ciência e da tecnologia (C&T), sendo que a inovação e a diferenciação dos produtos estão diretamente relacionadas com o conhecimento gerado a partir de investimentos em infraestrutura de C&T e em atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) realizadas pelas empresas (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Conforme Frenkel (2002), a cadeia produtiva farmacêutica inclui fornecedores, prestadores de serviços externos, atacadistas, varejistas, além da necessidade de especialistas (farmacêuticos, biólogos, químicos, engenheiros, físicos, entre outros) e domínio de mecanismos de propriedade intelectual, registro e certificação, acordos e parcerias estratégicas.

Correlacionando os atores da cadeia produtiva farmacêutica, bem como seus fluxos de produtos e informações, tem-se, o que podemos chamar de Cadeia de Suprimentos Farmacêuticos (do inglês, *Pharmaceutical Supply Chain* – PSC ). Esta cadeia de suprimentos pode ser conceituada como “a integração de todas as atividades associadas ao fluxo e transformação de drogas desde a matéria-prima até o usuário final, bem como os fluxos de informações associados, por meio de relacionamentos aprimorados da cadeia de suprimentos para alcançar uma vantagem competitiva sustentável” (HANDFIELD e NICHOLS, 1999). O PSC é composto por três atores principais: produtores, compradores e provedores. Os produtores consistem em empresas farmacêuticas, empresas de produtos médico-cirúrgicos, fabricantes de dispositivos e fabricantes de equipamentos de capital e sistemas de informação. Os compradores incluem organizações de compras agrupadas, atacadistas farmacêuticos, distribuidores médico-cirúrgicos, distribuidores contratados independentes e representantes de

produtos. Os provedores incluem hospitais, sistemas hospitalares, redes integradas de entrega e instalações de locais alternativos (BURNS, 2002).

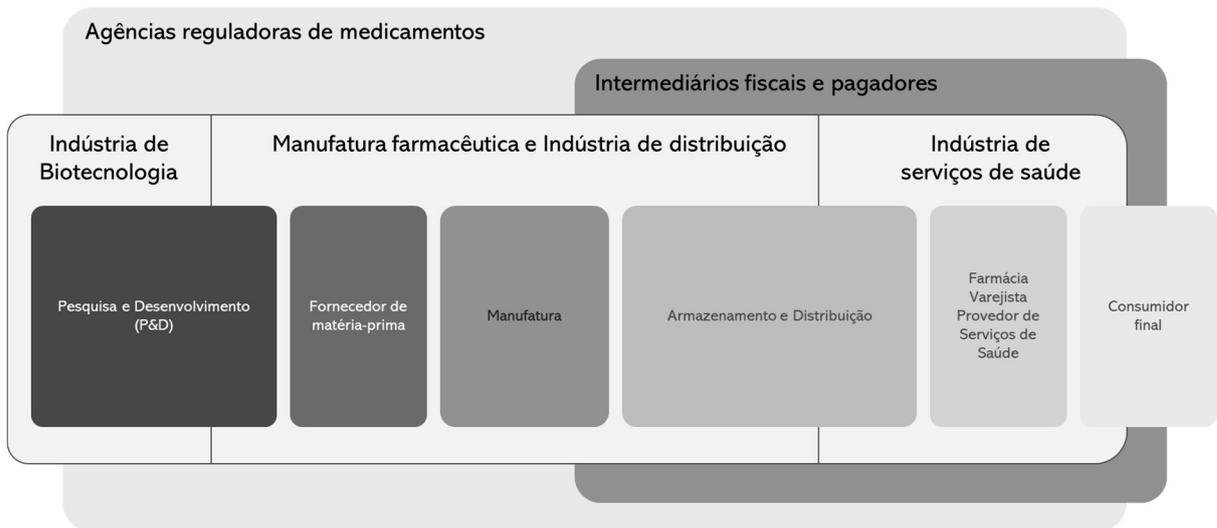
Considerando que uma cadeia de suprimentos vai além de elos produtivos, e reforçando o que foi apontado por Frenkel (2002), Kapoor, Vyas e Dadarwal (2018) explicam que a Cadeia de Suprimentos Farmacêuticos (CSF) também inclui várias agências governamentais, hospitais, clínicas, fabricantes de medicamentos, centro de coletas de medicamentos, redes de farmácias, varejistas e organizações de pesquisa. A complexidade da CSF torna-se ainda maior se considerarmos que a mesma cadeia de suprimentos é responsável pela distribuição de medicamentos prescritos, medicamentos de venda livre, genéricos e biológicos com diferentes necessidades de manuseio e objetivos operacionais.

Essa cadeia de suprimentos é mais complexa quando comparada com às demais, devido a múltiplos fatores, como: (i) a interação com múltiplos stakeholders; (ii) a incerteza do tempo de abastecimento pelos fornecedores; (iii) o grande número de produtos e especificidades, que tornam a gestão e a aquisição de estoques mais complexa; (iv) o alto volume financeiro; (v) a alta variação de demanda; e (vi) a ruptura de estoques que pode gerar implicações severas ao cuidado do paciente (KOCHAN, 2018). A CSH é operada de uma maneira diferente de outras cadeias de suprimentos, nas quais a entrega de produtos está sujeita a vários tipos de regulamentos e regras abrangentes (DWIVEDI; AMIN; VOLLALA, 2020).

A figura 3.2, adaptada de Narayana, Pati e Vrat (2014) ilustra uma representação da CSF, sob a ótica de três níveis diferentes de interação industrial, Indústria de Biotecnologia, Manufatura farmacêutica e Indústria de distribuição e Indústria de serviços de saúde.

É essencial ter uma cadeia de suprimentos na indústria farmacêutica, uma vez que os benefícios dos medicamentos não estão desvinculados do papel de todos os processos existentes nessa indústria. Xie e Breen (2012) afirmam que a cadeia de suprimentos farmacêutica é uma cadeia de suprimentos especializada e que vai desde o processo de fabricação do medicamento até a entrega e o consumo pelo cliente.

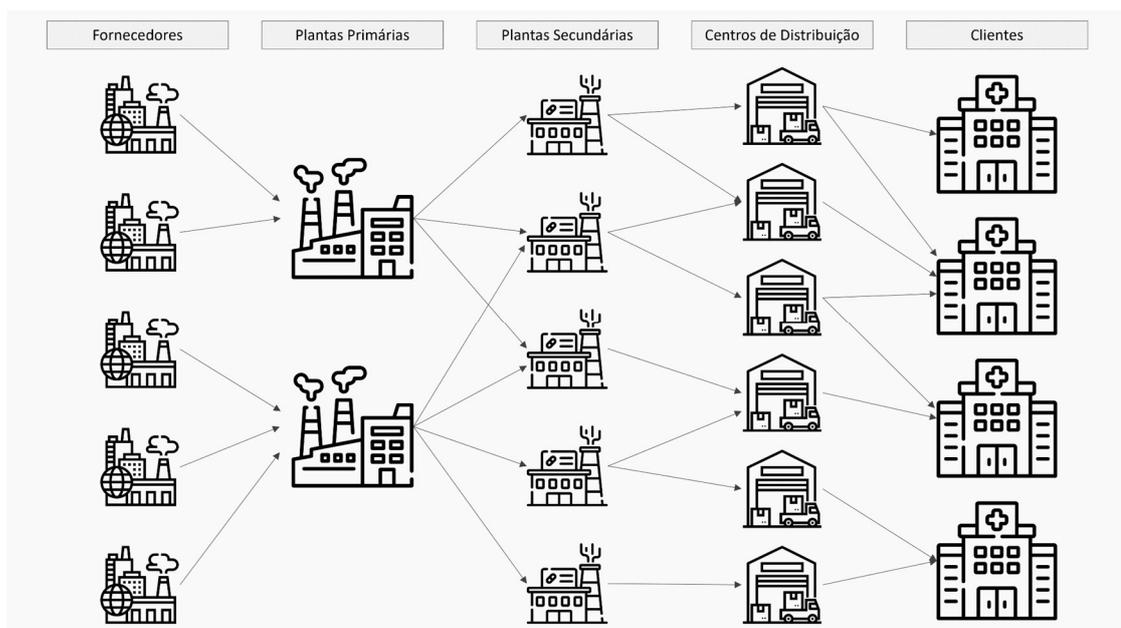
**Figura 3.2 - Cadeia de Suprimentos Farmacêuticos**



**Fonte:** Adaptado de Narayana, Pati e Vrat (2014).

Lee (2002) argumenta que a gestão da cadeia de suprimentos é complicada, abrangente e desafiadora em sua implementação, devido à constante mudança na expansão de uma ampla gama de produtos, processos de ciclo de vida não curtos, terceirização cada vez maior, desenvolvimentos tecnológicos rápidos e globalização dos negócios.

**Figura 3.3 - Rede de suprimentos Farmacêuticos**



**Fonte:** Autoria própria.

Extrapolando a visão linear (conceitual) de uma Cadeia de Suprimentos Farmacêuticos, para uma visão em rede com diversos atores em cada etapa, podemos visualizá-la na Figura 3.3. Por meio da figura, pode-se observar que a cadeia de suprimentos envolve funções como fornecimento de matérias primas, plantas primárias, plantas secundárias, centros de distribuição e clientes, porém, todos conectados como uma teia.

No cenário mundial, a configuração de uma cadeia de suprimentos requer transferência constante de materiais, como matérias-primas, produtos semi-acabados, acabados e embalagens, entre diferentes localidades. Essas transferências de materiais envolvem não só tempo e custos operacionais normais, mas também uma série de procedimentos administrativos e de conformidade regulatória que variam de um país para outro. Isso inclui direitos de importação, impostos corporativos e preços de transferência, entre outros. Devido a essas diferenças nos impostos e taxas entre os países, os gestores das indústrias farmacêuticas podem explorar esses custos para otimizar as receitas líquidas após o pagamento dessas taxas e impostos (SUSARLA; KARIMI, 2012).

As cadeias de suprimentos globais podem ser entendidas como cadeias de suprimentos que se estendem além dos limites de um único país. Nessa configuração, as empresas se distribuem em vários países e podem localizar as instalações de produção ou fornecedores em diferentes localidades, internas ou externas ao país de produção (CANIATO; GOLINI; KALCHSCHMIDT, 2013). Isso aumenta a complexidade, envolvendo diferentes fatores, como aumento da distância entre as camadas da cadeia, variações nas regulamentações dos países, diferentes ambientes políticos, aumento no risco das operações e diferenças culturais entre os membros da cadeia que podem estar localizados em diferentes países e regiões (AYDIN; CATTANI; DRUEHL, 2014).

Gerenciar cadeias de suprimentos globais torna-se mais desafiador, pois elas são compostas por diferentes organizações, dispersas em várias camadas e localidades geográficas ao redor do globo (CHOI; HONG, 2002). Em uma perspectiva estratégica, a configuração de uma cadeia de suprimentos global envolve decisões relacionadas ao número e localização das instalações, à quantidade de capacidade em cada instalação, à atribuição de cada região de mercado a um ou mais locais e à seleção de componentes e materiais disponíveis para a produção. Além disso, a cadeia de suprimentos global inclui os fatores especiais da globalização que isso envolve (MEIXELL; GARGEYA, 2005).

Muitas redes de fornecimento farmacêutico cresceram de forma desordenada devido à natureza regulatória da indústria e ao grande número de fusões e aquisições realizadas com o intuito de adquirir mais experiência em P&D, resultando em um desempenho aquém do ideal (KAPOOR; VYAS; DADARWAL, 2018).

Em uma ampla revisão sobre pesquisa gerencial na cadeia de suprimentos farmacêuticos, Narayana, Pati e Vrat (2014), levantaram os processos de negócios e subquestões estudadas em grandes temas relacionados à gestão da CSF. São eles:

- Gestão Logística;
- Tomada de decisão;
- Comportamento organizacional e gestão de recursos humanos;
- Precificação e financiamento;
- Gestão da qualidade e gestão do desempenho;
- Gestão do conhecimento e inovação;
- Comércio Eletrônico;
- Logística reversa;
- Aplicações de tecnologia da informação.

Os resultados demonstraram amplitude, complexidade e correlação dos temas pertinentes à Cadeia de Suprimentos Farmacêuticos. Além disso, constataram que estudos com foco na melhoria da eficiência/rentabilidade refletem o interesse tradicional da pesquisa de Gestão da Cadeia de Suprimentos em fluxos de materiais e informações, por meio do desenvolvimento de modelos ótimos e sustentáveis e redesenho de estratégias para a cadeia de suprimentos farmacêutica.

Outro ponto relevante é que as cadeias de suprimentos farmacêuticos começaram a ser acopladas a tecnologias sofisticadas para melhorar tanto a quantidade quanto a qualidade dos produtos associados. Apesar de todos os avanços nos métodos de fabricação, armazenamento e distribuição, certas empresas de medicamentos farmacêuticos estão longe de satisfazer efetivamente as demandas do mercado de forma consistente. Tem sido argumentado que as cadeias de abastecimento de medicamentos farmacêuticos precisam urgentemente de técnicas de otimização eficientes para reduzir custos e aumentar a produtividade e a capacidade de resposta (SHAH, 2004; PAPAGEORGIOU, 2009).

Um fato crítico na CSF é a influência nas perspectivas sociais e políticas, pois fornece produtos diretamente ligados à saúde da sociedade (YOUSEFI e ALIBABAEI, 2015) e por isso são obrigadas a cumprir padrões de qualidade rigorosos (MARINKOVIC *et al.* 2013). A CSF é uma parte essencial de qualquer sistema de saúde (MOSLEMI *et al.*, 2017) que logicamente possui ligação com o serviço público.

Essa cadeia ajuda a garantir o funcionamento apropriado do sistema de saúde, procurando compatibilizar demanda e oferta (recursos humanos, materiais, medicamentos, equipamentos etc.), que podem ocasionar em um tempo de espera maior devido à falta de planejamento ou comunicação (MOONS; WAEYENBERGH; PINTELON, 2019).

Conectando as partes da Cadeia de Suprimentos Farmacêuticos, estão os fluxos de materiais e informação. Mas fazendo especificamente a conexão entre o produto manufaturado e seu consumidor final está a rede de distribuição de medicamentos.

A gestão logística de distribuição de medicamentos envolve o gerenciamento dos fluxos de medicamentos dentro e entre as instalações. Esse processo de gestão inclui diversas funções, como compras, programação e planejamento, controle de estoque e distribuição física dos medicamentos (ROSSETI *et al.*, 2012). O objetivo principal da logística de distribuição médica é garantir a disponibilidade e acessibilidade dos produtos farmacêuticos, a fim de garantir a segurança dos pacientes. Para isso, o maior desafio do gestor de suprimentos médicos é assegurar que os produtos farmacêuticos corretos sejam administrados ao paciente certo e na hora certa.

Um desafio no gerenciamento da CSF é a falta de estoques em vários estágios da cadeia. A escassez de medicamentos implica em: atraso de tratamentos e cirurgias; uso de medicamentos alternativos que podem ser mais caros e / ou menos efetivos e a negação de tratamentos dos pacientes (CHUNG e KWON, 2016). É comum hospitais e demais serviços de saúde enfrentarem problemas com desabastecimento de medicamentos (REIS e PERINI, 2008). O problema envolve várias partes da cadeia com objetivos distintos e relações únicas: os fabricantes visam maximizar o lucro; o governo espera manter seus gastos e reduzir a escassez; os profissionais de saúde estão empenhados em mitigar a escassez para atender os pacientes, mas também estão preocupados com a redução de custos (JIA e ZHAO, 2017).

Papalexí *et al.* (2016), relatam que existem tipos de medicamentos que só podem ser usados uma vez por ano e precisam ser mantidos em estoque devido a restrições políticas e

legais da Organização Nacional de Medicamentos. A falta de medicamentos também causa perda financeira devido à perda de venda (UTHAYAKUMAR e PRIYAN, 2013) e o trabalho operacional em busca de fontes alternativas (CHILCUTT *et al.* 2004). Segundo Chilcutt *et al.* (2004) as fontes alternativas acarretam maior gasto e fornecimento mais complexo. A solução adotada por muitas indústrias farmacêuticas é levar um inventário enorme na cadeia para garantir uma taxa de preenchimento próxima a 100%. No entanto, garantir uma disponibilidade de produtos de 100% a um custo ótimo representa um grande desafio (UTHAYAKUMAR e PRIYAN, 2013).

As configurações físicas das cadeias tipicamente incluem decisões estratégicas que impactam diretamente nas decisões táticas e operacionais das empresas (SAVADKOOHI; MOUSAZADEH; TORABI, 2018). Essas decisões estratégicas incluem decisões sobre número, localização e espaços de armazéns, centros de distribuição e fábricas, bem como o fluxo de materiais dentro da rede logística (MELO; NICKEL; SALDANHA-DA-GAMA, 2009).

Nos últimos tempos, tem-se verificado um crescente interesse em Redes de Distribuição na área da saúde pública. Sinha e Kohnke (2009) adotaram uma perspectiva macro, enfatizando a discrepância entre a demanda e a oferta de cuidados de saúde de alta qualidade, econômicos e oportunos. Eles desenvolveram um projeto de cadeia de suprimentos de saúde para conectar os participantes da cadeia de suprimentos que desenvolvem os elementos-chave do pacote de cuidados de saúde com os participantes da cadeia de abastecimento que fornecem esses cuidados. Eles propuseram uma estrutura da cadeia de suprimentos de saúde com base na acessibilidade, acesso e conscientização para preencher a lacuna entre a demanda e a oferta de cuidados de saúde.

Kjos *et al.* (2016) propuseram uma estrutura conceitual para a aquisição, armazenamento e distribuição de medicamentos em quatro hospitais governamentais no Vietnã, com base em entrevistas com as principais partes interessadas do sistema farmacêutico vietnamita. O estudo descreve um sistema de distribuição de medicamentos que inclui design de sistemas e práticas de garantia de qualidade. Chorfi *et al.* (2018) desenvolveram uma estrutura de medição integrada para gerenciar a cadeia de suprimentos de saúde pública, combinando as medidas de desempenho do Balanced Scorecard e do modelo SCOR. Eles identificaram os principais indicadores de desempenho relevantes para a cadeia de suprimentos

de saúde pública, classificando-os por perspectiva, mas não apresentaram um roteiro para operacionalizar a estrutura de medição de desempenho.

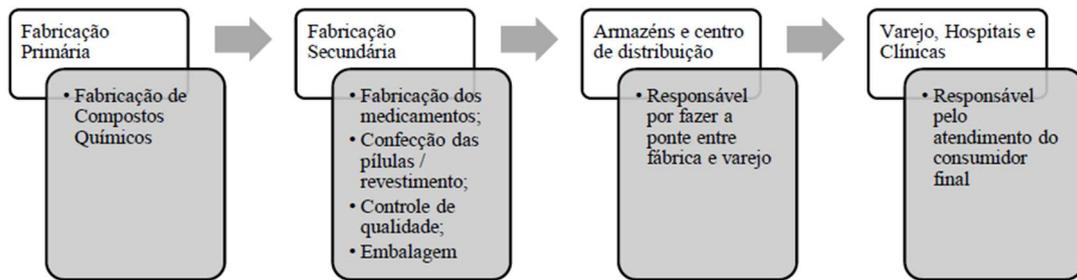
Segundo um estudo conduzido pela IQVIA Brasil, uma empresa multinacional americana que atua nos setores de tecnologia da informação em saúde e pesquisa clínica, o mercado farmacêutico brasileiro registrou um crescimento de 12% em 2022. Além disso, espera-se que o setor cresça ainda mais, com uma projeção de 11,5% de crescimento para 2023. Essa expansão está impulsionando a criação de milhares de empregos em todo o país, graças à forte aceleração dos principais players nacionais em seus projetos de expansão (FEBRAFAR, 2022).

Embora seja altamente fragmentada, as vendas são concentradas em poucas empresas, a maioria subsidiárias de multinacionais. A produção e distribuição de medicamentos são suas principais atividades, sendo dependentes de importações de matérias-primas e inovações normalmente realizadas no exterior. A indústria é altamente regulamentada e os preços são controlados pelo governo desde 2001 (ROMANO, PELAJO e SILVA, 2007).

A indústria farmacêutica também é altamente tributada, com impostos correspondendo a cerca de 25% da receita de vendas (AMARAL, 2006). A entrada de produtos genéricos em 2000 abalou uma das principais barreiras de entrada da indústria (CAPANEMA, 2006). Como alternativa à concorrência, várias empresas dominantes desenvolveram suas próprias linhas de genéricos.

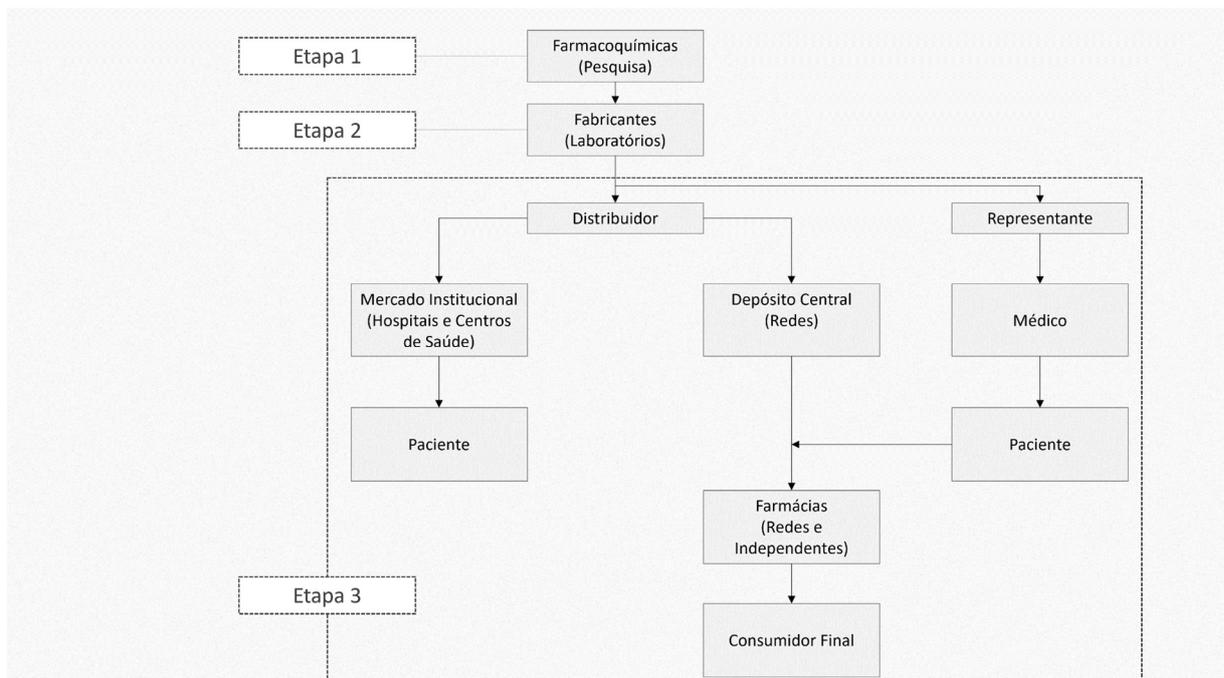
De acordo com a ANVISA (2013), a organização da Cadeia de Suprimentos Farmacêuticos (CSF) no Brasil envolve um conjunto de empresas e atividades que têm início na indústria química, passando pela importação, fabricação, distribuição e comercialização.

Com relação à estrutura da CSF, a ANVISA (2013) fornece um esquema onde a produção se inicia na indústria química, passando pela indústria farmacoquímica indo para centrais de distribuição e de compra que enviam para hospitais e varejistas. Os nós da cadeia identificados na revisão de literatura de Shah (2004) não diferem da cadeia brasileira. Zahiri *et al.* (2017) descreve cinco níveis - fabricante primário, fabricante secundário, centro de distribuição principal, centro de distribuição local e ponto de demanda - pois separa os centros de distribuições entre principal e local. Assim, podemos representar a CSF conforme a Figura 3.4.

**Figura 3.4 - Estrutura da CSF**

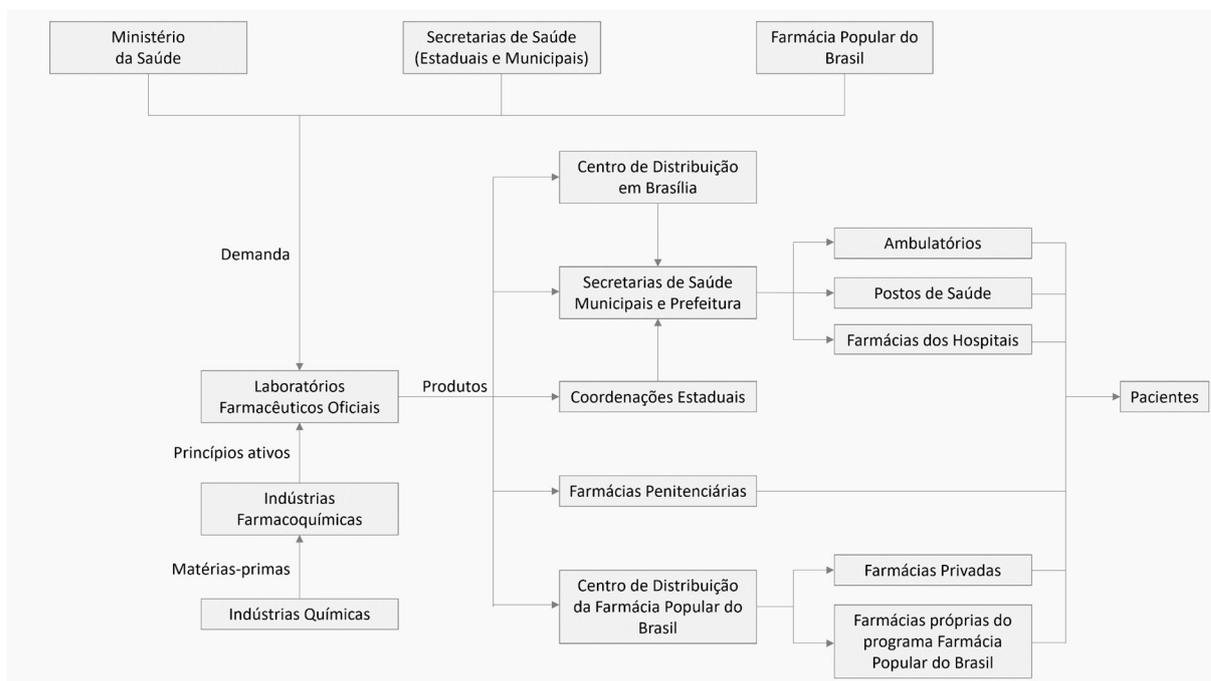
**Fonte:** Autoria própria.

Em resumo, a CSF no Brasil é uma união do mercado privado com o setor público. Moori *et al.* (2005) apresenta uma visão sobre o setor privado, onde a cadeia de medicamentos contempla desde a pesquisa, os fornecedores de matérias primas, laboratórios, transportadores, até o cliente final (Figura 3.5). Já Souza (2015) apresenta uma visão que ilustra os elos existentes na cadeia de suprimentos dos laboratórios farmacêuticos e oficiais Figura 3.6.

**Figura 3.5 - Cadeia de Suprimentos de Medicamentos Brasileira - Setor Privado**

**Fonte:** Adaptado de Moori *et al.* (2005).

**Figura 3.6 - Cadeia de Suprimentos dos Laboratórios Farmacêuticos Oficiais**



**Fonte:** Adaptado de Souza *et al.* (2015).

Também é importante destacar que o setor farmacêutico brasileiro tem uma peculiaridade: a existência de um parque público de laboratórios de alcance nacional, voltado para a produção de medicamentos destinados principalmente aos programas de saúde pública em assistência farmacêutica. A produção desses laboratórios representa cerca de 3% da produção nacional em valor e 10% em volume, equivalente a cerca de 10% do total de compras de medicamentos do Ministério da Saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2003).

Além disso, o Estado tem desempenhado um papel regulador importante, acompanhando e estabelecendo limites para os preços praticados pelas empresas privadas. A produção de medicamentos pela rede pública pode contribuir para minimizar problemas no fornecimento de determinados medicamentos, sobretudo daqueles de menor interesse para o setor privado (OLIVEIRA, LABRA, BERMUDEZ, 2003).

A Central de Medicamentos (CEME), criada pelo Decreto n. 68.806 de 1971, foi considerada uma iniciativa importante do governo brasileiro em termos de planejamento, organização e aquisição centralizada de medicamentos para todo o país, com destaque para as atribuições voltadas à assistência farmacêutica pública e ao abastecimento de medicamentos essenciais à população (OLIVEIRA, LABRA, BERMUDEZ, 2003).

Em 1976, a Relação Nacional de Medicamentos Básicos (RMB) foi homologada por meio da Portaria MPAS/GM 514, e, em 1982, foi oficialmente denominada Relação Nacional de Medicamentos Essenciais (RENAME) pela Portaria Interministerial MPAS/MS/MEC 03. Outras iniciativas importantes da CEME incluíram o lançamento do Programa de Farmácia Básica em 1987, que constava de uma seleção de aproximadamente 40 itens de medicamentos integrantes da RENAME, destinados ao uso ambulatorial - atenção primária (SILVA e BERMUDEZ, 2004).

Em 1997, a CEME foi desativada, e suas competências, planos e programas foram assumidos por várias instâncias do Ministério da Saúde, estados e municípios. A Política Nacional de Medicamentos (PNM) foi promulgada em 12 de outubro de 1998, por meio da Portaria n. 3.916/MS, e é considerada o primeiro posicionamento formal e abrangente do governo brasileiro sobre a questão dos medicamentos no contexto da reforma sanitária. Formulada com base nas diretrizes da Organização Mundial da Saúde, a PNM tem como propósito garantir a necessária segurança, eficácia e qualidade dos produtos, promover o uso racional e o acesso da população àqueles considerados essenciais (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2000).

A partir de 1999, a RENAME passou a ser a referência para o direcionamento da produção farmacêutica e para a definição de listas de medicamentos essenciais nas esferas estaduais e municipais, conforme o perfil epidemiológico local. A RENAME é um instrumento importante para a racionalização da política de compras diretas do Governo Federal e para o fortalecimento dos programas estratégicos, bem como compras de estados e municípios no âmbito do Piso de Atenção Farmacêutica Básica do SUS (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2000).

Em 2004, a Resolução Nº 338 do Ministério da Saúde estabeleceu a organização da Política Nacional de Assistência Farmacêutica nos três níveis de gestão, Federal, Estadual e Municipal. A Assistência Farmacêutica é um conjunto de ações destinadas a promover, proteger e recuperar a saúde, tendo o medicamento como insumo essencial. A resolução afirma que essas ações envolvem desde a pesquisa e desenvolvimento até a aquisição e distribuição de medicamentos, insumos, produtos e serviços, com o objetivo de obter resultados concretos e melhorar a qualidade de vida da população. É fundamental ter como princípio básico norteador o Ciclo da Assistência Farmacêutica, que é um sistema constituído pelas etapas de seleção, programação, aquisição, armazenamento, distribuição e dispensação, com suas interfaces nas

ações da atenção à saúde, para a efetiva implementação da Assistência Farmacêutica (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006; BRASIL, 2004).

De acordo com a CONASS (2007), é fundamental adotar estratégias de estoque regular para garantir a disponibilidade de medicamentos para os usuários. As atividades prioritárias incluem selecionar adequadamente os medicamentos a serem mantidos em estoque, baseando-se em dados confiáveis, e ser ágil na aquisição e fiscalização dos contratos de fornecimento. Além disso, é necessário ter uma logística eficiente para distribuir os medicamentos da unidade de armazenamento central para os almoxarifados regionais intermediários ou diretamente para as unidades dispensadoras. A Assistência Farmacêutica é um setor de grande impacto financeiro nas Secretarias Estaduais de Saúde (SES), e a demanda por medicamentos tende a crescer.

### **3.2.2 Sustentabilidade na Cadeia de Suprimentos**

No mercado global, a Gestão da Cadeia de Suprimentos (do inglês, *Supply Chain Management* – SCM) é um elemento essencial para o sucesso de qualquer organização (GIANNAKIS e PAPADOPOULOS, 2016). O principal motivador para o rápido desenvolvimento das práticas de SCM tem sido econômico, com base na premissa de que uma cadeia de suprimentos eficiente ajuda a minimizar os riscos monetários e aumentar os lucros (FAWCETT *et al.*, 2008).

No entanto, nos últimos anos a ênfase em objetivos econômicos tem sido insuficiente para avaliar o desempenho das cadeias de suprimentos. A Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (do inglês, *World Commission on Environment and Development* – WCED) foi estabelecida e definiu sustentabilidade como “o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades” (WCED, 1987, p. 43).

Essa definição continua sendo uma das mais frequentemente citadas deste conceito (ASHBY, LEAT; HUDSON-SMITH, 2012) e os seus dois princípios centrais são: o conceito de “necessidades”, em particular, as necessidades essenciais dos pobres do mundo; e a ideia de limitações impostas pelo estado da tecnologia e organização social à capacidade do meio ambiente de atender às necessidades presentes e futuras” (WCED, 1987, p. 43).

O *Triple Bottom Line* (TBL), modelo de sustentabilidade proposto por Elkington (1998), é formado pelo tripé composto pelos aspectos social, ambiental e econômico, como pode ser

visto na Figura 3.7. De acordo com o autor, a dimensão social reflete a preocupação com os impactos nas comunidades, a dimensão ambiental diz respeito ao uso de recursos naturais e à emissão de poluentes e a dimensão econômica refere-se à eficiência econômica.

**Figura 3.7** - Tripé da sustentabilidade



**Fonte:** Adaptada de Elkington (1998).

No início do século XX foram publicados os primeiros trabalhos que correlacionam o TBL e a Cadeia de Suprimentos nas palavras de Dyllick e Hockerts (2002) ao definir Gestão de Cadeias de Suprimentos Sustentáveis (do inglês, *Sustainable Supply Chain Management – SSCM*) como a “integração do desenvolvimento sustentável e gestão da cadeia de abastecimento”.

A literatura sobre SSCM apresenta uma série de definições sobre o termo. Dentre as definições mais recorrentes (SÁNCHEZ-FLORES *et al.*, 2020; MARTINS e PATO, 2019; ABBASI e NILSSON, 2012) está a de Carter e Rogers (2008), que conceitua SSCM como “a integração estratégica e transparente e a realização dos objetivos sociais, ambientais e econômicos de uma organização na coordenação sistêmica dos principais processos de negócios interorganizacionais para melhorar o desempenho econômico de longo prazo da empresa individual e de suas cadeias de abastecimento”.

Outra definição comumente encontrada na literatura foi proposta por Seuring e Muller (2008) que definem SSCM como “a gestão de materiais, informações e fluxos de capital, bem como a cooperação entre empresas ao longo da cadeia de abastecimento, levando em consideração os objetivos de todas as três dimensões do desenvolvimento sustentável, ou seja, econômico, ambiental e social, que são derivados dos requisitos do cliente e das partes interessadas” (SÁNCHEZ-FLORES *et al.*, 2020; SAEED e KERSTEN, 2020; KHAN *et al.*, 2021).

Uma característica comum nas discussões sobre SSCM é a adoção do tripé da sustentabilidade (caracterizado anteriormente) como parâmetro de referência ao conceito de sustentabilidade propriamente dito, abordando analítica – citando literalmente: econômico, social e ambiental (AHI e SEARCY, 2013; CARTER e ROGERS, 2008; SEURING e MÜLLER, 2008; TURKER e ALTUNTAS, 2014) – ou sintetizada – TBL ou três dimensões da sustentabilidade (CILIBERTI; PONTRANDOLFOA; SCOZZI, 2008; ROY; SCHOENHERR; CHARAN, 2018; GIMENEZ; SIERRA; RODON, 2012; HASSINI; SURTI; SEARCY, 2012). Tal convergência é fundamental para um entendimento das áreas de competência da gestão de uma cadeia de suprimentos sustentável.

Porém, indo além do conceito, numa meta-revisão com 198 revisões de literatura sobre *Sustainable Supply Chain*, Martins e Pato (2019) observaram que abordagem do TBL é assumida em pouco mais da metade das fontes (51%) e que a perspectiva ambiental ainda aparece com mais destaque na literatura revisada do que o aspecto social.

Diversos autores concordam que SSCM tem como objetivo melhorar o desempenho da cadeia de suprimentos (AHI e SEARCY, 2013; HASSINI; SURTI; SEARCY, 2012; CARTER e ROGERS, 2008; GIMENEZ; SIERRA; RODON, 2012; KHAN e DONG, 2017). Todavia, nem todos os autores especificam qual das dimensões de sustentabilidade deve ter seu desempenho melhorado. Alguns autores apontam que o objetivo a ser melhorado é o econômico, levando em consideração os aspectos ambientais e sociais, dando um caráter secundário a essas dimensões (AHI e SEARCY, 2013; CARTER e ROGERS, 2008). Outros autores destacam a importância de todos os aspectos serem igualmente melhorados (HASSINI; SURTI; SEARCY, 2012). Há ainda autores que dão ênfase maior aos aspectos social e ambiental, sem comprometer o desempenho financeiro, como sugere Gimenez, Sierra e Rodon (2012).

Entremeada à gestão sustentável da cadeia de suprimentos, mas restrita à dimensão ambiental, surgiu a Gestão da Cadeia de Suprimentos Verde (do inglês, *Green Supply Chain Management* – GSCM), objeto de interesse por acadêmicos e profissionais, concentrando-se na redução do desperdício e na conservação da qualidade de vida do produto e dos recursos naturais (MARDANI *et al.*, 2019). Este método de gestão pode ser conceituado como proposto por Srivastava (2007) sendo a “integração do pensamento ambiental na gestão da cadeia de suprimentos, incluindo design de produto, material de abastecimento e seleção, os processos de fabricação, entrega do produto final para os consumidores, bem como a gestão de fim de vida do produto após sua vida útil” (MARDANI; KANNAN; HOOKER, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2018; MARTINS e PATO, 2019).

Entretanto, quando se discute o nível de implantação da SSCM, Carter e Rogers (2008) trazem que se trata de uma decisão estratégica e, semelhantemente, Pagell e Wu (2009) abordam que são ações tomadas pela alta gestão. Observa-se então que para se adotar a Gestão da Cadeia de Suprimentos Sustentável, é preciso uma mobilização integral da empresa, e que os fundamentos e objetivos de sustentabilidade permearão o processo produtivo, bem como as relações e cooperações entre a empresa e seus parceiros (AHI e SEARCY, 2013; KIM; JEONG; JUNG, 2014; SEURING e MÜLLER, 2008; GOPAL e THAKKAR, 2015; GIMENEZ; SIERRA; RODON, 2012).

Durante os anos 2000, havia pouco conhecimento e consciência sobre a gestão sustentável da cadeia de suprimentos, e a maioria dos profissionais e pesquisadores seguiam o modelo tradicional de SCM. A prática contínua de gerenciamento sustentável da cadeia de suprimentos só começou em 2004, quando tanto as economias emergentes quanto as desenvolvidas passaram a compreender a importância do "triple bottom line", particularmente com relação aos aspectos sociais e ecológicos da cadeia de suprimentos, e começaram a expressar preocupações em relação às questões ambientais e sociais (KAHN *et al.*, 2021).

A partir do ano de 2004, os profissionais e pesquisadores passaram a se concentrar significativamente na gestão sustentável da cadeia de suprimentos (SSCM), resultando em um aumento no número de estudos sobre o tema. As aplicações da gestão sustentável da cadeia de suprimentos podem ser observadas em vários setores, como serviços (AYUSO *et al.*, 2013), saúde (HASINI *et al.*, 2012), manufatura (KHAN e DONG, 2017; ESKANDARPOUR *et al.*, 2015), educação (ZHU e SARKIS *et al.*, 2011), construção (DADHICH *et al.*, 2015) e finanças

(AGERON *et al.*, 2012). Além disso, a importância da gestão sustentável da cadeia de suprimentos tem sido cada vez mais reconhecida em várias outras áreas de estudo.

Embora as empresas entendam as necessidades do mercado, elas ainda enfrentam dificuldades em implementar operações sustentáveis em suas cadeias de suprimentos (SEURING e MULLER, 2008). De fato, em todo o mundo, muitas empresas estão tendo dificuldades para implementar práticas de gestão sustentável da cadeia de suprimentos em toda a sua operação de negócios (CARTER e ROGERS, 2008). Algumas das principais razões para o desempenho fraco na implementação de SSCM incluem ambiguidade na compreensão da ideologia da sustentabilidade, falta de confiança entre as empresas, falta de expertise e visibilidade (APCIS, 2014).

Apesar da existência de um grande número de trabalhos acadêmicos de pesquisa disponíveis sobre a cadeia de suprimentos verde e práticas sustentáveis (MARTINS e PATO, 2021), poucos deles auxiliam na compreensão dos recentes desenvolvimentos e linhas de pesquisa que geram desentendimento entre praticantes e pesquisadores acadêmicos. Embora as empresas enfrentem forte pressão dos consumidores e das autoridades regulatórias para adotar práticas sustentáveis, a alta administração ainda reluta em integrá-las nas principais funções de negócios, o que se traduz em baixa taxa de adoção de SSCM (ZHANG e AWASTHI, 2014; KHAN *et al.*, 2020; XIE, 2016; KUMAR *et al.*, 2019).

Como visto no tópico anterior, o conceito fundamental de sustentabilidade pode ser mencionado como a presença de três elementos críticos sociais, ambientais e financeiros para a fabricação de produtos que afetam a estratégia corporativa (GOLD *et al.*, 2010; ALVAREZ-GIL *et al.*, 2007; BESKE, 2012 ; BESKE e SEURING, 2014). Enquanto isso, o domínio do SSCM ainda está em suas fases iniciais devido à sua baixa taxa de adoção em economias emergentes (ORTAS *et al.*, 2014; BRIK *et al.*, 2013; CHAN e CHAN, 2008; CHIARINI, 2012). Kudla e Klaas-Wissing (2012) discutiram as características de combinação/integração da sustentabilidade em SC e os resultados mostraram que a literatura atual enfatiza individualmente o SCM ou a sustentabilidade, mas poucos trabalhos acadêmicos na literatura os interpretam como uma abordagem integrada.

Na literatura, a implementação de práticas sustentáveis na cadeia de suprimentos é impulsionada por diversos fatores motivadores, que são mencionados por vários pesquisadores como habilitadores, facilitadores, capacitadores, dentre outros (HSU *et al.*, 2013; HUQ *et al.*,

2014; JAIKUMAR *et al.*, 2013; JAYARAMAN e LUO, 2007; KLEINDORFER *et al.*, 2009). Esses fatores motivadores ajudam a alcançar a visão e metas da empresa (DIABAT *et al.*, 2014; KOH *et al.*, 2012), a melhorar a satisfação dos clientes (ZAILANI *et al.*, 2012) e a aumentar a produtividade, proporcionando entregas pontuais (ANSARI e KANT, 2017).

**Quadro 3.1** - Drivers e barreiras na adoção de operações sustentáveis na cadeia de suprimentos

Drivers	Barreiras
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cultura organizacional sustentável</li> <li>● Problemas de saúde e segurança</li> <li>● Reengenharia de processos/melhoria de infraestrutura</li> <li>● Aquisição verde</li> <li>● Cooperação com os clientes</li> <li>● Políticas regulatórias</li> <li>● Sistema de benchmarking</li> <li>● Satisfação do cliente</li> <li>● Envolvimento da alta administração</li> <li>● Planejamento estratégico</li> <li>● Compartilhamento de informações</li> <li>● Design ecológico de produtos</li> <li>● Comunicação efetiva</li> <li>● Compromisso do fornecedor</li> <li>● Capacitação dos funcionários</li> <li>● Envolvimento dos fornecedores na sustentabilidade programas</li> <li>● Recompensas e prêmios monetários</li> <li>● Gerenciamento de estoque eficaz</li> <li>● Treinamento e educação ambiental</li> <li>● Seleção de práticas sustentáveis</li> <li>● Acompanhamento e monitoramento de projetos de sustentabilidade</li> <li>● Alinhar as políticas governamentais de sustentabilidade com o sistema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Falta de seriedade da alta administração</li> <li>● O enorme custo da adoção</li> <li>● Falta de conhecimento Falta de recursos</li> <li>● Comunicação pobre</li> <li>● Resistência à mudança</li> <li>● Compatibilidade tecnológica</li> <li>● Pobres capacidades organizacionais</li> <li>● Falta de visão clara e habilidades</li> <li>● Infraestrutura precária</li> <li>● A diferença entre o objetivo firme e o demanda dos clientes</li> <li>● Sistemas de medição de desempenho ruins</li> <li>● Falta de habilidades técnicas</li> <li>● Falta de padrões de sistemas de TI</li> <li>● Falta de tecnologias modernas</li> <li>● Complexidade para encontrar terceiros para RL</li> <li>● Reproduzindo a estratégia SSCM de outra organização</li> <li>● Deficiência na aplicação da teoria estatística ligação fraca com fornecedores</li> <li>● Ausência de interesse da equipe/funcionários</li> </ul>

**Fonte:** Adaptado de Khan *et al.*, (2021) e Nishat (2010).

Nishat (2010) identificou 22 fatores motivadores da cadeia de suprimentos sustentável, incluindo cultura verde da empresa, relacionamento com fornecedores, cooperação com clientes, responsabilidade corporativa, design verde, compras verdes, padrões éticos,

cooperação interdepartamental e reuniões programadas orientadas para o verde dentro da empresa.

Embora os fatores motivadores sejam importantes, identificar as barreiras também é crucial para os profissionais e altos executivos envolvidos no processo de implementação do SSCM. De fato, a presença de obstáculos tem impedido as empresas de implementar práticas sustentáveis em suas operações de cadeia de suprimentos de maneira eficaz (KHAN *et al.*, 2021).

Khan *et al.*, (2021) em uma ampla revisão da literatura, trouxe os principais drivers e barreiras identificados na implementação de uma Cadeia de Suprimentos Sustentável. O Quadro 3.1 ilustra os condutores de SSCM identificados, e também os obstáculos enfrentados pelas empresas durante a adoção de operações sustentáveis na cadeia de suprimentos.

### **3.2.3 Modelagem matemática nos projetos de rede da Cadeia de Suprimentos Farmacêuticos**

O primeiro trabalho sobre a cadeia de suprimentos farmacêuticos utilizando ferramentas de modelagem matemática foi o de Papageorgiou, Rotstein e Shah (2001). Nesse trabalho, os autores consideraram um cenário no qual as empresas farmacêuticas estavam passando por grandes mudanças para lidar com os novos desafios da economia moderna, globalização dos negócios, diversidade e complexidade dos novos medicamentos, aperto cada vez maior do capital e proteção cada vez menor fornecida pelas patentes. Assim, eles identificaram que todas as etapas da cadeia de valor do negócio são afetadas: desde o desenvolvimento de novos medicamentos até a gestão das redes de fabricação e comercialização. No artigo, o objetivo principal foi aplicar técnicas de programação matemática (Programação Linear Inteira Mista) para facilitar o processo de tomada de decisão estratégica da cadeia de suprimentos para indústrias farmacêuticas. Uma abordagem baseada em otimização foi apresentada para selecionar o desenvolvimento de produto ideal e a estratégia de introdução, juntamente com o planejamento de capacidade de longo prazo e a estratégia de investimento em vários locais. O modelo matemático desenvolvido considera muitos aspectos especialmente relacionados ao setor farmacêutico (por exemplo, scale-up, qualificação, restrições de vida útil do produto).

Apresentando uma abordagem de programação matemática sistemática para o planejamento de capacidade de longo prazo em vários locais sob incerteza na indústria farmacêutica, o artigo de Levis e Papageorgiou (2004) propõe um modelo matemático

constituindo uma extensão do trabalho de Papageorgiou, Rotstein e Shah (2001). Nesse, a proposta foi determinar tanto o portfólio de produtos quanto o planejamento de capacidade diante de resultados incertos de ensaios clínicos, levando em conta a estrutura comercial da empresa. O problema geral foi formulado como um modelo de programação linear inteira mista (MILP) de dois estágios, multi cenários. Um algoritmo hierárquico foi então proposto para reduzir o esforço computacional necessário para a solução do problema MILP de larga escala resultante. A aplicabilidade da abordagem de solução proposta foi demonstrada por vários exemplos ilustrativos.

Outro trabalho clássico sobre o uso da modelagem matemática em cadeia de suprimentos farmacêuticos é o de Sousa, Shah e Papageorgiou (2005). Nesse trabalho os autores abordaram um problema de otimização para a estrutura de alocação-distribuição de produtos da cadeia de suprimentos de uma empresa farmacêutica, desde a produção de ingredientes primários (ativos) até a distribuição do produto final aos mercados. Dado o perfil de demanda multiperíodo do portfólio da empresa, o modelo tentou alocar os produtos e abordar outras questões que os gerentes da cadeia de suprimentos geralmente enfrentam. O objetivo foi definido como a maximização do VPL da empresa. O modelo de espaço completo não é tratável em um tempo razoável, pois ainda que em sua versão mais simples seja rápido de resolver, não fornece resultados de boa qualidade. Então dois algoritmos de decomposição foram desenvolvidos: um método heurístico onde quadros de produtos são otimizados sequencialmente e um método de decomposição Lagrangeana.

Como visto anteriormente, a cadeia de suprimentos farmacêuticos é muito ampla. E a aplicação da modelagem matemática também se dá em diversos pontos dessa cadeia. No trabalho de Grunow, Günther e Yang (2003), foi considerado que a produção de princípios ativos na indústria químico-farmacêutica envolve inúmeras etapas produtivas com prazos cumulativos de até dois anos. E que, principalmente devido aos rigorosos requisitos de pureza e à necessidade de limpeza extensiva das unidades de equipamentos, a produção é feita em campanhas, ou seja, vários lotes do mesmo tipo de produto são produzidos sucessivamente antes de mudar para outro tipo de produto. Assim, cada campanha requer uma configuração específica de unidades de equipamentos de acordo com as receitas do processo químico específico. Diante do cenário químico-farmacêutico, onde as etapas de produção são frequentemente atribuídas a locais diferentes, e que a coordenação das operações da planta dentro da rede de abastecimento multinacional resultante é de grande importância. Para os autores, uma questão fundamental é a coordenação dos cronogramas de campanha em

diferentes estágios de produção nas várias fábricas. Na prática, é quase impossível determinar soluções ótimas exatas para o correspondente problema complexo da rede de suprimentos com relação aos custos logísticos gerais. A fim de reduzir o esforço computacional necessário, o artigo introduziu vários esquemas de agregação e uma nova formulação de modelo MILP que é baseada em uma representação contínua do tempo. Além disso, os autores propuseram um procedimento iterativo de solução quase ótima que pode ser aplicado com sucesso até mesmo a instâncias de problemas da vida real excepcionalmente grandes.

Depois da produção, os medicamentos devem chegar aos consumidores finais/pacientes, assim como visto nos tópicos anteriores. No artigo de Nasrollahil e Razmil (2019), foi apresentada uma extensão do projeto integrado da Cadeia de Suprimentos Farmacêuticos com cobertura máxima esperada, onde são considerados diferentes hospitais com valor de confiabilidade específico para diferentes substâncias farmacêuticas. Os autores consideraram uma cadeia de suprimentos multiperíodo de quatro camadas, incluindo fabricantes, centros de distribuição, hospitais e pacientes. Um índice de confiabilidade para substâncias farmacêuticas foi proposto para considerar as substâncias prioritárias e melhorar o nível de serviço dos hospitais para os pacientes. Foi desenvolvido um modelo multiobjetivo que aumenta a cobertura das demandas e minimiza os custos totais. Para solucionar o modelo um Algoritmo Genético Classificado Não Dominado Multi-objetivo foi proposto. Os resultados mostram que quando se considera diferentes níveis de confiabilidade para várias substâncias farmacêuticas em diferentes hospitais, obtêm-se resultados significativamente melhores em termos de demanda insatisfeita sem aumento significativo de custos.

A gestão das cadeias de abastecimento globais é altamente complexa e vital para empresas farmacêuticas multinacionais. Nesse cenário, o artigo de Susarla e Karimi (2012) desenvolveu um modelo MILP simples, para planejamento multiperíodo em toda a empresa. Toda a empresa foi representada de maneira integrada, com uma granularidade de campanhas de tarefas individuais em cada linha de produção. O modelo integrou aquisição, produção e distribuição, juntamente com os efeitos de diferenciais fiscais internacionais, custos de manutenção de estoque, prazo de validade do material, tratamento/descarte de resíduos e outros fatores da vida real no lucro após impostos da empresa. Para demonstrar o desempenho do modelo, foram resolvidos dois exemplos de problemas de planejamento de empresa farmacêutica multinacional. Para avaliação, os autores consideraram um problema de planejamento em escala industrial para uma rede de cadeia de suprimentos composta por 34 entidades diferentes e produzindo 9 produtos diferentes, por um período de 5 anos.

Com as questões das mudanças climáticas ocupando continuamente o centro das atenções, há uma necessidade premente de as empresas farmacêuticas avaliarem a sustentabilidade de suas cadeias de suprimentos. Assim, voltando as atenções não apenas para objetivos econômicos, mas também, ambientais, há o trabalho de Halim, Ang e Adhitya (2019). Nesse artigo, os autores propuseram uma estrutura sistemática para o design de uma rede de cadeia de suprimentos farmacêutica em estágio comercial sustentável que pode ser conduzida desde os estágios iniciais de desenvolvimento de medicamentos. Também introduziram um novo sistema de apoio à decisão, chamado PharmaSC, desenvolvido integrando duas ferramentas de computador - um processo hierárquico analítico baseado em Excel e o Llamasoft's Supply Chain Guru - em uma estrutura coerente para selecionar os fornecedores e fabricantes mais adequados, mapear uma rede de superestrutura da cadeia de suprimentos e otimizar a rede para identificar e resolver trade-offs entre fatores econômicos e ambientais.

Seguindo outro pilar da sustentabilidade, o social, o trabalho de Abbas e Hosseini-zhad (2016) propõe um modelo discreto de localização-alocação de cobertura capacitada para centros farmacêuticos. No modelo apresentado, dois objetivos foram considerados; a primeira é a minimização de custos e a segunda tenta maximizar a satisfação do cliente por definição de justiça social. A justiça social no modelo considerou a satisfação dos clientes usando a distância. O modelo introduzido foi uma extensão do modelo de cobertura máxima adicionando restrição de zona. O modelo tenta localizar as instalações na melhor e possível localização. Além disso, o número de clientes perdidos é importante e o modelo considera essa questão. Como a natureza da demanda é incerta, uma abordagem robusta foi proposta. Os autores sugerem que modelo proposto é adequado para produtos perecíveis.

Na mesma linha, considerando o atendimento da demanda, e entendendo que o escasso racionamento de medicamentos é um sério desafio no sistema público de saúde, o trabalho de Aghababaei, Pishvae e Barzinpour (2019) propõe um modelo de programação linear de dois estágios para o problema de racionamento de medicamentos escassos que reflete os conflitos de interesse entre os membros da cadeia de suprimentos. O modelo proposto usa um mecanismo de planejamento de horizonte rolante juntamente com um procedimento iterativo para fornecer e racionar os medicamentos escassos. A maximização do lucro mínimo dos fornecedores e a minimização da escassez máxima são consideradas como funções objetivo dos modelos de primeiro e segundo estágios, respectivamente. Devido à inerente incerteza epistêmica em alguns parâmetros de entrada críticos, como a taxa de câmbio e a demanda, uma abordagem de programação possibilística robusta baseada em credibilidade foi usada para lidar com

parâmetros imprecisos. A aplicabilidade e a utilidade da abordagem proposta foram investigadas por um estudo de caso real da administração iraniana de alimentos e medicamentos. Os resultados computacionais demonstraram a superioridade do modelo de programação robusto sobre o determinístico.

Na mesma linha de atendimento da demanda, o artigo de Mousazadeh, Torabi e Zahiri (2015) propõe um modelo biobjetivo de programação linear inteira mista (BOMILP) desenvolvido para um problema de projeto de rede da cadeia de suprimentos farmacêuticos (PSCND). O modelo ajuda a tomar várias decisões sobre as questões estratégicas, como a abertura de centros de fabricação farmacêutica e centros de distribuição principais/locais, juntamente com fluxos de materiais ideais em um horizonte de planejamento de médio prazo como decisões táticas. Visa simultaneamente minimizar os custos totais e as demandas não atendidas como o primeiro e o segundo objetivos. Uma vez que os parâmetros críticos estão contaminados com grande grau de incerteza, uma abordagem de programação possibilística robusta é usada para lidar com parâmetros incertos.

Ainda sob o prisma do atendimento da demanda, Zahiri, Jula e Tavakkoli-Moghaddam (2018) propõem um modelo matemático para o projeto de rede de uma cadeia de suprimentos farmacêutica. As duas funções objetivo do modelo apresentado buscam minimizar o custo total e a demanda máxima não atendida. Os autores partiram da literatura existente considerando o prazo de validade, a substituíbilidade e o desconto de quantidade dos produtos, ao mesmo tempo em que abordaram as incertezas nos custos e na demanda. Ao fazer isso, uma nova abordagem de otimização possível robusta foi introduzida e seu desempenho analisado. Por fim, um estudo de caso foi fornecido e sua proposta de rede ótima discutida.

Já no segmento da logística humanitária, mas dentro da cadeia de suprimentos farmacêuticos, o trabalho de Roshan, Tavakkoli-Moghaddam e Rahimi (2019) aborda a gestão de crises em cadeias de suprimentos farmacêuticas, cujas três funções objetivas são minimizar o custo total da rede, minimizar a demanda não atendida e maximizar a satisfação da responsabilidade social. Além disso, considera precibilidade e substituíbilidade com incerteza de demanda. Além disso, duas abordagens são usadas para lidar com o modelo multiobjetivo e a incerteza. Por fim, um estudo de caso é apresentado para validar o modelo matemático num cenário de desastres naturais a fim de projetar e gerenciar um agendamento eficiente e constante para fornecer os materiais farmacêuticos necessários.

Indo, além do fluxo linear, o trabalho de Taleizadeh, Haji-Sami e Noori-daryan (2019) considerou que as sobras de medicamentos, que não recebem destinação adequada na indústria farmacêutica, causam danos ao meio ambiente e podem se tornar perigosos também para a saúde das pessoas. Pelo contrário, o produtor farmacêutico de medicamentos não vendidos pode ter a chance de vender itens não vendidos a preços reduzidos ou distribuí-los para países desenvolvidos. No artigo, considerou-se o papel do cliente e o preço sugerido pelo cliente, que pode ser um incentivo aos clientes para que eles coletem itens devolvidos, a fim de promover devoluções remanescentes e dar maior sustentabilidade para uma Cadeia de Suprimentos Reversa (RSC) na indústria farmacêutica. Além disso, o artigo investigou o efeito da incerteza usando otimização robusta sobre sobras e ter um método de acordo adequado entre as empresas terceirizadas de logística, que são responsáveis por coletar sobras de medicamentos dos clientes, a fim de maximizar o lucro dos membros do RSC e ter um chance de negociar no pedido de substituição.

Também investigando a cadeia de suprimentos reversa farmacêutica, Weraikat, Zanjani e Lehoux (2016) exploraram o papel de fornecer incentivos aos clientes, a fim de facilitar as devoluções de sobras e melhorar a sustentabilidade de uma verdadeira cadeia de suprimentos farmacêutica reversa (RSC). Além disso, investigaram o efeito de um método de coordenação adequado entre um produtor de medicamentos e empresas de logística terceirizada (3PL), responsáveis pela coleta de medicamentos indesejados nas zonas de consumo. Por fim, também propuseram uma técnica para compartilhar a economia do RSC entre o produtor e as empresas 3PL. Os resultados experimentais em um estudo de caso real indicam que a introdução de incentivos aos clientes pode diminuir a quantidade de medicamentos não cobrados de 18% para 6,5%. Além disso, ter uma coordenação adequada com as empresas 3PL pode garantir uma recuperação total da medicação.

### **3.3 MÉTODO DE PESQUISA**

A pesquisa foi executada a partir dos seguintes passos: i) caracterização do caso, ii) coleta de dados, iii) construção do modelo matemático, iv) solução do modelo e v) discussão dos resultados. Tal método está representado na Figura 3.8.

**Figura 3.8** - Fluxograma do método de pesquisa

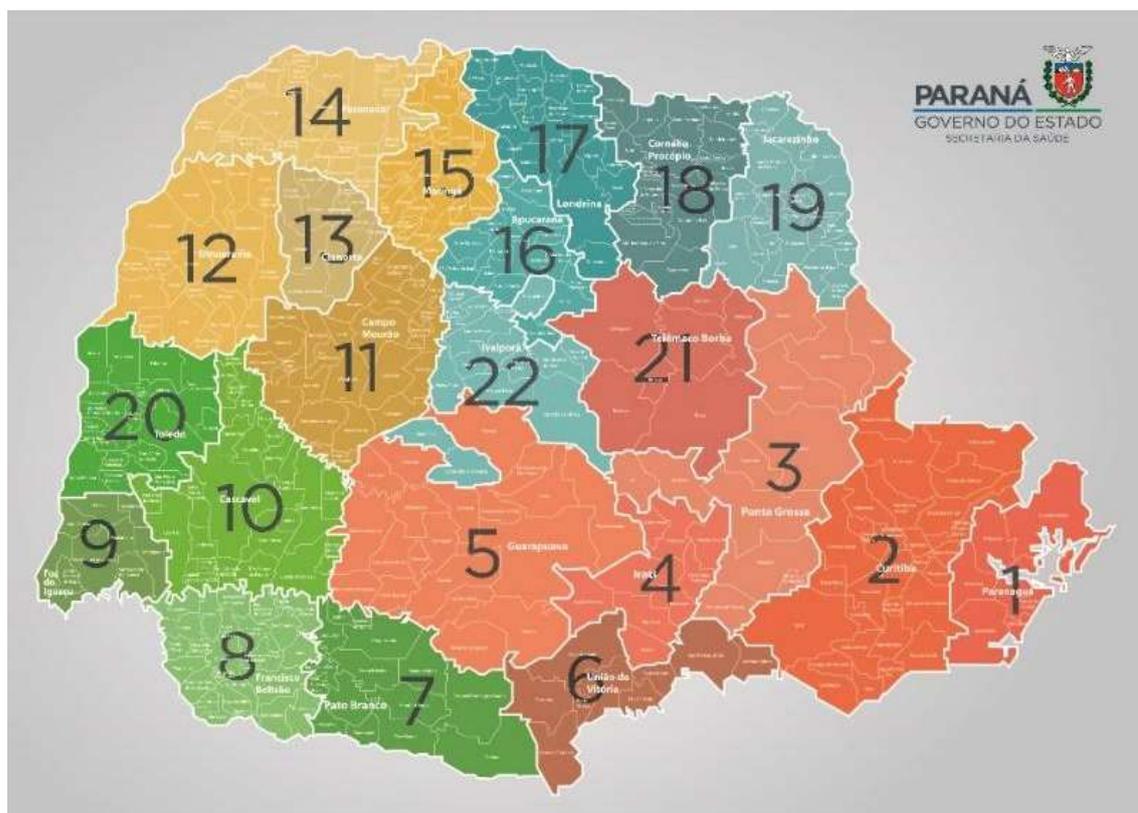
**Fonte:** Autoria própria.

### 3.3.1 Caracterização do caso

Na Secretaria de Estado da Saúde do Paraná (SESA-PR), o planejamento, a formulação, a implementação e a coordenação da gestão da política de assistência farmacêutica são competência do Departamento de Assistência Farmacêutica (DEAF). O planejamento, a execução e o acompanhamento das atividades relacionadas a seleção, programação, aquisição, armazenamento e distribuição de medicamentos são competências do Centro de Medicamentos do Paraná (CEMEPAR).

O CEMEPAR, fica localizado em Curitiba-PR e distribui medicamentos às 22 Regionais de Saúde (Figura 3.9), Hospitais e Unidades Próprias do estado. São contemplados na operacionalização do ciclo da Assistência Farmacêutica todos os componentes, classificados em:

- Componente básico – que se destina à aquisição dos medicamentos para atendimento dos pacientes no âmbito da atenção primária em saúde;
- Componente estratégico – que contemplam medicamentos utilizados no tratamento de doenças de perfil endêmico e que tenham impacto socioeconômico;
- Componente especializado – abrangendo medicamentos previstos em Protocolos Clínicos e Diretrizes Terapêuticas, de alto valor financeiro unitário ou que, em caso de uso prolongado, resulte em tratamento de custo elevado.

**Figura 3.9 - Mapa Macro e Regionais de Saúde do Paraná**

**Fonte:** Adaptado de SESA (2020).

Além dos medicamentos padronizados nos Componentes da Assistência Farmacêutica, ainda há aqueles ofertados por meio dos Programas Especiais da SESA/PR.

Atualmente, a rede de distribuição de medicamentos para as 22 regionais de saúde está organizada em função de macrorregiões. A Figura 3.9 ilustra a distribuição das 22 regionais, identificadas por números, em 4 grandes macrorregiões, identificadas por cores, sendo elas Leste (vermelha), Norte (azul), Oeste (verde) e Noroeste (amarela). As composições de cada macrorregião estão detalhadas na Tabela 3.2.

**Tabela 3.2 - Distribuição das Regionais de Saúde do Estado do Paraná**

<b>Macrorregião</b>	<b>Regionais de Saúde</b>	<b>Número de municípios</b>
Leste	1, 2, 3, 4, 5, 6, 21	93
Norte	16, 17, 18, 19, 22	97
Oeste	7, 8, 9, 10, 20	94
Noroeste	11, 12, 13, 14, 15	115

**Fonte:** SESA (2020).

A divisão das regionais de saúde em macrorregiões tem um impacto direto no transporte de medicamentos. A SESA atrelou essa divisão às rotas, aos tipos de produtos, ao transporte utilizado e aos períodos de cada mês.

Os períodos de transporte foram definidos como semanais, e seguem o planejamento descrito no Quadro 3.2. Os produtos e o transporte foram segmentados em 3 categorias:

- Secos – Transporte em caminhão baú por empresa terceirizada;
- Vacinas – Transporte em caminhão refrigerado, frota própria;
- Termolábeis – Transporte em caminhão refrigerado, frota própria.

**Quadro 3.2 - Rotas de transporte de medicamentos**

<b>Macrorregião</b>	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>
<b>Leste</b>	Secos	Vacinas	Termolábeis	-
<b>Norte</b>	-	Secos	Vacinas	Termolábeis
<b>Oeste</b>	Termolábeis	-	Secos	Vacinas
<b>Noroeste</b>	Vacinas	Termolábeis	-	Secos

**Fonte:** Autoria própria.

### **3.3.4 Coleta de dados**

A coleta de dados se iniciou estabelecendo contato com a 15ª Regional de Saúde. Lá, por meio da chefe do Centro de Assistência Farmacêutica, que se dispôs em por o autor em contato direto com a Coordenação do CEMEPAR. Ocorreram então algumas reuniões por videoconferência com a participação dos autores, diversos farmacêuticos atuantes no CEMEPAR e os respectivos gestores da Divisão Farmacêutica de Medicamentos Básicos e Estratégicos do CEMEPAR.

Com a anuência dos responsáveis, foram disponibilizados dados de entrada e saída de medicamentos, do CEMEPAR, nos anos de 2019, 2020 e 2021, dados de estoque e contrato de terceirização de transporte. O volume de dados de entrada e saída de medicamentos no CEMEPAR está registrado na tabela 3.3.

**Tabela 3.3** - Volume de dados de entrada e saída de medicamentos no CEMEPAR

Ano	Nº registros entrada	Nº registros saída
2019	8.822	153.807
2020	8.911	157.199
2021	8.286	156.877
<b>Total</b>	<b>26.019</b>	<b>467.883</b>

**Fonte:** Autoria própria.

Quanto aos tipos de dados fornecidos, o CEMEPAR cedeu aqueles utilizados para gestão interna dos produtos em seu estoque, sendo diferentes para entradas e saídas, conforme listados no quadro 3.3.

Os dados foram tratados utilizando o software Microsoft Excel. Primeiramente, foram removidas as saídas para destinos diferentes das 22 regionais de saúde, visto que apenas essas são objetos deste estudo. Em seguida, a relação de produtos foi segmentada conforme o tipo de conservação e transporte, em “secos” e “refrigerados”. Os primeiros contemplando produtos sem necessidade especial de transporte, caminhão baú convencional, ou armazenamento. Já os “refrigerados”, sendo compostos por vacinas e produtos termolábeis, com armazenamento e transporte sujeitos a condições e veículos especiais.

**Quadro 3.3** - Tipos de dados cedidos pelo CEMEPAR

<b>Entrada</b>	<b>Saída</b>
Família	Guia de Remessa
Fornecedor	Lote Saída
Fabricante	Data Saída
Cod. Medicamento	Cod. Medicamento
Grupo	Medicamento
Medicamento	Centro Requisitante
Cod. GMS	Quantidade Saída
Data Entrada	Valor
Data Cadastro	
Data Atualização	
Nº Empenho	
Nota Fiscal	
Lote Entrada	
Quantidade Entrada	
Valor Unitário	

**Fonte:** Autoria própria.

Neste cenário, a quantidade de produtos diferentes distribuídos foi de 297 produtos refrigerados e 1660 secos. Foi necessário então, uma estratégia de redução nessa quantidade, visto as limitações da modelagem pretendida. Assim, foi feita uma Curva ABC, considerando as quantidades transportadas, bem como os custos dos produtos. A fim de evitar vieses de sazonalidade, foram calculadas as Curvas ABC para cada tipo de produto e cada ano, 2019, 2020 e 2021. Os critérios percentuais de corte foram, 80% para o segmento A, 95% para o segmento B, e o restante para o segmento C.

Nos dados fornecidos pelo CEMEPAR, foram depurados os dados de demanda em cada regional de saúde, para os 130 produtos que compuseram a base do estudo.

Quanto aos dados de rotas, foram disponibilizados documentos que pudessem orientar os parâmetros de custo das mesmas. Já os custos de manutenção de estoque foram inferidos pelos autores. Quanto aos aspectos de sustentabilidade, o órgão em questão não dispõe de nenhum indicador de atendimento da demanda ou indicadores de emissão de CO<sub>2</sub>.

### 3.3.5 Modelos matemáticos

Esta pesquisa desenvolveu-se pautada em dois modelos matemáticos. Um primeiro modelo, base simplificado, com foco apenas na minimização de custos logísticos – transporte e armazenamento. E outros modelos, modificações do modelo base, com funções objetivas complementares alinhadas a aspectos de sustentabilidade. Haja vista que os modelos diferem a nível de restrições e função objetivo, será feito um detalhamento inicial dos índices e parâmetros considerando a junção de ambos.

Os parâmetros do modelo matemático são aqueles que foram levantados durante a definição do problema e estão listados na Tabela 3.4.

**Tabela 3.4** – Parâmetros do Modelo Matemático

<b>Informações preliminares</b>	
Quantidade de Produtos Secos;	$P_A$
Quantidade de Produtos Refrigerados;	$P_B$
Quantidade de Produtos;	$P = P_A \cup P_B$
Horizonte de tempo;	$T$
Quantidade de Regionais de Saúde;	$R$
Capacidade Volumétrica dos depósitos onde os produtos secos são armazenados;	$W^{CD,A}, W_r^A$
Capacidade Volumétrica de onde os produtos refrigerados são armazenados;	$W^{CD,B}, W_r^B$

Demanda Nominal de cada produto, em cada período e em cada regional;	$d_{tpr}$
Estoque inicial de cada produto, em cada Regional de Saúde	$I_{0pr}$
Estoque inicial de cada produto, no Centro de Distribuição	$I_{0p}^{CD}$
Recebimento programado de cada produto, em cada período no Centro de Distribuição;	$q_{tp}$
Volume de cada produto;	$w_r$
Custo de manutenção de estoque de cada produto;	$h_p$
Quantidade de rotas;	$M$
Quantidade de toneladas de CO2 emitidas em cada rota	$e_m$
Custo de neutralização	$N$
Custo de não atendimento da demanda	$G_p$
Custo de cada rota para veículo não refrigerado;	$C^A$
Custo de cada rota para veículo refrigerado;	$C^B$
Quantidade de veículos não refrigerados disponíveis;	$V^A$
Quantidade de veículos refrigerados disponíveis;	$V^B$
Capacidade Volumétrica dos veículos não refrigerados;	$H^A$
Capacidade Volumétrica dos veículos refrigerados;	$H^B$

**Fonte:** Autoria própria.

O modelo matemático de programação linear formalizado para o problema em questão é composto por variáveis de decisão, parâmetros, função objetivo e restrições, conforme apresentado a seguir.

As variáveis de decisão do modelo são representadas por  $x_{tpr}$ ,  $I_{tp}^{CD,A}$ ,  $I_{tp}^{CD,B}$ ,  $I_{tpr}^A$  e  $I_{tpr}^B$ , variáveis positivas e inteiras, que indicam, por meio dos índices  $t$ ,  $p$  e  $r$ , respectivamente, períodos, produtos e regionais de saúde. Sendo,  $x_{tpr}$  as quantidades do produto  $p$  a serem transportadas no período  $t$ , do Centro de Distribuição até a Regional de Saúde  $r$ . E  $z_{tpr}$ , que indica a demanda não atendida do produto  $p$  no período  $t$  e em cada regional de saúde  $r$ .

Por sua vez, as variáveis  $I_{tp}^{CD,A}$  e  $I_{tp}^{CD,B}$  indicam os estoques dos produtos  $p$  no período  $t$ , nas áreas secas e refrigeradas respectivamente no Centro de Distribuição. E as variáveis,  $I_{tpr}^A$  e  $I_{tpr}^B$ , os estoques dos produtos  $p$  no período  $t$ , nas áreas secas e refrigeradas respectivamente em cada regional de saúde  $r$ .

Há ainda a variável  $z_{p_{tpr}}$ , contínua, que indica o percentual da demanda não atendida do produto  $p$  no período  $t$  e em cada regional de saúde  $r$ .

Completando, estão as variáveis de decisão do modelo representadas por  $y_{tm}^A$  e  $y_{tm}^B$ , variáveis binárias, tal que  $y_{tm}^A \in \{0,1\}$  e  $y_{tm}^B \in \{0,1\}$ , que indicam se o veículo  $A$  ou  $B$ , está em uso no período  $t$ , na rota  $m$ , ou não. Assumindo respectivamente os valores 1 ou 0.

Foram considerados na implementação do modelo matemático no solver, os dados mais próximo possível da realidade, mas respeitando as limitações do modelo.  $P = 130$  produtos, sendo  $P_A = 95$  e  $P_B = 35$ ; num horizonte de tempo de planejamento de  $T = 4$  semanas (ciclo mensal); contemplando o abastecimento de  $R = 22$  regionais distribuídas em  $M = 4$  rotas. Ficaram disponíveis para movimentações,  $V^A = 1$  e  $V^B = 2$  veículos.

A Figura 3.10 ilustra um conceito geográfico da distribuição das regionais de saúde em rotas, e para cada uma, há a utilização de veículos não refrigerados e veículos refrigerados.

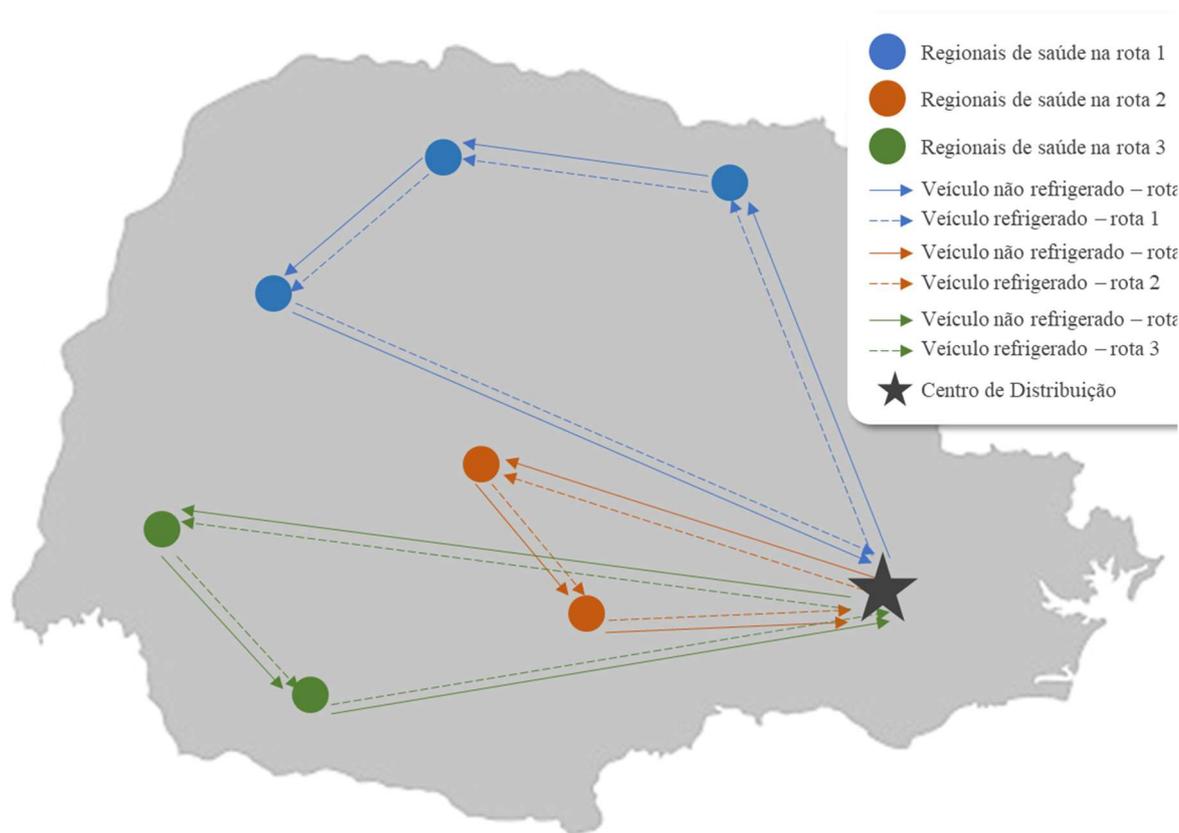
Os parâmetros de volume unitário, custo, demanda, recebimentos e capacidades foram estimados a partir do banco de dados do Centro de Medicamentos do Paraná (Cemepar), órgão responsável, no âmbito da Secretaria de Estado, pelo planejamento, execução e acompanhamento das atividades relacionadas a programação, aquisição, armazenamento e distribuição de medicamentos no Estado do Paraná. A Tabela 3.5 a seguir apresenta os parâmetros nominais  $w_p$ ,  $h_p$  e  $G_p$  relativos à parte dos produtos que compuseram a solução do modelo matemático.

**Tabela 3.5 - Parâmetros do Modelo Matemático - Produtos**

<b>Produto (p)</b>	<b>Volume unitário em <math>\text{cm}^3</math> (<math>w_p</math>)</b>	<b>Custo unitário de manutenção de estoque (<math>h_p</math>)</b>	<b>Custo unitário de não atendimento da demanda (<math>G_p</math>)</b>
1	0,32	R\$ 0,01	R\$ 0,16
2	0,39	R\$ 0,05	R\$ 0,71
3	0,23	R\$ 0,03	R\$ 0,47
4	0,17	R\$ 0,02	R\$ 0,24
5	0,12	R\$ 0,05	R\$ 0,70
6	0,31	R\$ 0,03	R\$ 0,47
7	0,16	R\$ 0,03	R\$ 0,44
8	0,37	R\$ 0,03	R\$ 0,40
9	0,20	R\$ 0,03	R\$ 0,48
10	0,36	R\$ 0,05	R\$ 0,68
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
130	3,59	R\$ 0,05	R\$ 0,65

**Fonte:** Autoria própria.

**Figura 3.10** - Distribuição das regionais de saúde em rotas - Conceito geográfico



**Fonte:** Autoria própria.

Esses parâmetros indicam, respectivamente, o volume unitário ( $w_p$ ), o custo de manutenção do estoque unitário durante um período ( $h_p$ ) e o custo unitário de não atendimento da demanda ( $G_p$ ) para situações em que o estoque disponível é menor que a quantidade demandada.

A quantidade periódica requerida de cada produto em cada regional ( $d_{tpr}$ ) e o recebimento programado em cada período, de cada produto ( $q_{tp}$ ) seguiram uma distribuição normal de valores. A Tabela 3.6 apresenta os parâmetros de capacidade volumétrica das Regionais de Saúde ( $W_r^A$ ) e ( $W_r^B$ ).

**Tabela 3.6** - Parâmetros do Modelo Matemático - Regionais de Saúde

Regional ( <i>r</i> )	Capacidade Volumétrica dos depósitos onde os produtos secos são armazenados em m <sup>3</sup> ( $W_r^A$ )	Capacidade Volumétrica dos depósitos onde os produtos refrigerados são armazenados em m <sup>3</sup> ( $W_r^A$ )
1	467,12	261,61
2	488,30	252,01
3	480,61	332,64
4	542,22	327,19
5	577,88	246,28
6	544,55	258,47
7	587,76	286,37
8	415,82	337,63
9	494,22	286,71
10	505,52	288,90
11	413,66	330,80
12	439,12	311,34
13	525,46	293,09
14	452,29	276,90
15	557,35	247,77
16	412,47	326,57
17	479,47	270,78
18	500,28	297,91
19	530,45	316,07
20	449,12	276,26
21	576,24	336,85
22	403,53	352,12

**Fonte:** Autoria própria.

A capacidade volumétrica de armazenamento de produtos não refrigerados adotada para o Centro de Distribuição foi de  $W^{CD,A} = 2800$  m<sup>3</sup> e para os refrigerados, de  $W^{CD,B} = 1200$  m<sup>3</sup>. Já para os veículos, o volume foi padronizado, sendo a capacidade máxima de transporte de produtos não refrigerados,  $H^A = 67$  m<sup>3</sup> por veículo e para produtos refrigerados,  $H^A = 20$

m<sup>3</sup> por veículo. As 22 Regionais de Saúde exemplificadas no modelo foram agrupadas em 4 rotas, com custos diferentes de execução, conforme mostra a Tabela 3.7.

**Tabela 3.7** - Parâmetros do Modelo Matemático - Rotas

Rota (m)	Regionais que compõem a rota	Custo para veículos não refrigerados $C_m^A$	Custo para veículos refrigerados $C_m^B$	Emissão de CO <sub>2</sub> [ton]
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 21	R\$ 5.328,00	R\$ 7.992,00	1,48
2	16, 17, 18, 19, 22	R\$ 5.180,00	R\$ 7.771,00	1,30
3	7, 8, 9, 10, 20	R\$ 5.425,00	R\$ 8.138,00	1,50
4	11, 12, 13, 14, 15	R\$ 6.630,00	R\$ 9.946,00	1,22

**Fonte:** Autoria própria.

### 3.3.5.1 Função Objetivo e Restrições do Modelo Matemático

As restrições do modelo foram definidas basicamente em função dos parâmetros limitantes de disponibilidade. Foram estabelecidas as seguintes restrições:

$$q_{tp} + I_{(t-1)p}^{CD} - \sum_{r=1}^R x_{tpr} = I_{tp}^{CD} \forall t, p \quad (1)$$

$$x_{tpr} + I_{(t-1)pr} - d_{tpr} + z_{tpr} = I_{tpr} \forall t, p, r \quad (2)$$

$$\sum_{p=1}^{P_A} \sum_{r=1}^{r \in m} x_{tpr} W_p \leq y_{tm}^A H^A \forall t, m \quad (3)$$

$$\sum_{p=1}^{P_B} \sum_{r=1}^{r \in m} x_{tpr} W_p \leq y_{tm}^B H^B \forall t, m \quad (4)$$

$$\sum_{p=1}^{P_A} I_{tp}^{CD,A} W_p \leq W^{CD,A} \forall t \quad (5)$$

$$\sum_{p=1}^{P_B} I_{tp}^{CD,B} W_p \leq W^{CD,B} \forall t \quad (6)$$

$$\sum_{p=1}^{P_A} I_{tpr} W_p \leq W_r^A \forall t, r \quad (7)$$

$$\sum_{p=1}^{P_B} I_{tpr} W_p \leq W_r^B \forall t, r \quad (8)$$

$$\sum_{m=1}^M y_{tm}^A \leq V^A \forall t \quad (9)$$

$$\sum_{m=1}^M y_{tm}^B \leq V^B \forall t \quad (10)$$

$$Z_{tpr} \leq d_{tpr} \forall t, p, r \quad (11)$$

Tem-se, por meio das restrições (1) e (2) o balanço de estoque do Centro de Distribuição e de cada Regional de Saúde, respectivamente. Considerando que se trata de um problema de transporte desbalanceado, onde a capacidade total de fornecimento pode ser menor que a demanda, o balanço de estoque requer um fornecedor fantasma (*dummy*) que atenderá a demanda remanescente, indicando a demanda não atendida.

Por sua vez, a fim de evitar que o modelo busque designar toda a demanda ao fornecedor fantasma, criou-se a restrição (11), que estabelece que a demanda não atendida jamais deverá ser retroativamente cumulativa, ou seja, nunca deverá ser maior que a demanda do período.

As restrições (3) e (4) garantem que o limite de armazenamento de cada veículo será respeitado. O mesmo vale para as restrições (5), (6), (7) e (8), que garantem que o armazenamento no Centro de Distribuição e em cada Regional de Saúde, nos espaços não-refrigerados e refrigerados, serão respeitados. As restrições (9) e (10) garantem a utilização de no máximo, a quantidade de veículos disponíveis. As funções objetivo foram definidas conforme o cenário desejado.

### 3.3.5.2 Função custo total logístico

A função objetivo Custo total logístico foi definida conforme a equação 12 e tem por objetivo a minimização de custos por meio da obtenção de valores ótimos para as variáveis de decisão,  $y_{tm}^A, y_{tm}^B, I_{tpr}, I_{tp}^{CD}$ .

$$\min CTL = \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M y_{tm}^A C_m^A + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M y_{tm}^B C_m^B + \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P \sum_{r=1}^R I_{tpr} h_p + \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P I_{tp}^{CD} h_p \quad (12)$$

O índice  $t$  identifica o período no horizonte de  $T$  períodos planejados,  $p$  identifica o produto dentro do grupo de  $P$  produtos,  $m$  faz a distinção entre as  $M$  rotas existentes, e  $r$  identifica cada uma das  $R$  regionais de saúde.

Desta forma, os dois primeiros termos da função objetivo estão relacionados aos custos de transporte não refrigerado e refrigerado, respectivamente. O terceiro, aos custos de manutenção de estoque nas regionais de saúde e o quarto aos custos de manutenção de estoque no Centro de Distribuição.

### 3.3.5.3 Função custo total logístico e ambiental

A função objetivo Custo total logístico e ambiental foi definida conforme a equação 13 e tem por objetivo a minimização de custos por meio da obtenção de valores ótimos para as variáveis de decisão,  $y_{tm}^A, y_{tm}^B, I_{tpr}, I_{tp}^{CD}$ .

$$\begin{aligned} \min CTLA = & \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M y_{tm}^A C_m^A + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M y_{tm}^B C_m^B + \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P \sum_{r=1}^R I_{tpr} h_p \\ & + \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P I_{tp}^{CD} h_p + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M N y_{tm}^A e_m + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M N y_{tm}^B e_m \end{aligned} \quad (13)$$

O índice  $t$  identifica o período no horizonte de  $T$  períodos planejados,  $p$  identifica o produto dentro do grupo de  $P$  produtos,  $m$  faz a distinção entre as  $M$  rotas existentes, e  $r$  identifica cada uma das  $R$  regionais de saúde.

Analogamente à função 12, os dois primeiros termos da função objetivo estão relacionados aos custos de transporte não refrigerado e refrigerado, respectivamente. O terceiro, aos custos de manutenção de estoque nas regionais de saúde e o quarto aos custos de manutenção de estoque no Centro de Distribuição.

A diferença para o modelo anterior (base) está no quinto e no sexto termos trazem o custo de neutralização do uso de cada veículo, em cada rota e em cada período (também em função das variáveis  $y_{tm}^A$  e  $y_{tm}^B$ ), penalizando a função custo pelos impactos ambientais. Uma vez que em caso de uso do veículo A, na rota  $m$  no período  $t$ , haverá a emissão da massa de CO<sub>2</sub> equivalente à rota ( $e_m$ ) que tem um custo  $N$  de neutralização.

#### 3.3.5.4 Função custo total logístico e social

A função objetivo Custo total logístico e social foi definida conforme a equação 14 e tem por objetivo a minimização de custos por meio da obtenção de valores ótimos para as variáveis de decisão,  $y_{tm}^A, y_{tm}^B, I_{tpr}, I_{tp}^{CD}, Z_{tpr}$ .

$$\begin{aligned} \min CTLS = & \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M y_{tm}^A C_m^A + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M y_{tm}^B C_m^B + \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P \sum_{r=1}^R I_{tpr} h_p \\ & + \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P I_{tp}^{CD} h_p + \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P \sum_{r=1}^R G_p Z_{tpr} \end{aligned} \quad (14)$$

O índice  $t$  identifica o período no horizonte de  $T$  períodos planejados,  $p$  identifica o produto dentro do grupo de  $P$  produtos,  $m$  faz a distinção entre as  $M$  rotas existentes, e  $r$  identifica cada uma das  $R$  regionais de saúde.

Analogamente à função 12, os dois primeiros termos da função objetivo estão relacionados aos custos de transporte não refrigerado e refrigerado, respectivamente. O terceiro, aos custos de manutenção de estoque nas regionais de saúde e o quarto aos custos de manutenção de estoque no Centro de Distribuição.

A diferença para o modelo base está no quinto termo, que traz o custo de não atendimento da demanda, para cada produto, período e regional, em função da variável  $Z_{tpr}$  penalizando a função custo pelos impactos sociais. Uma vez que em caso de falta do produto  $p$ , na regional  $r$  no período  $t$ , haverá um custo unitário para cada produto ( $G_p$ ).

#### 3.3.5.5 Função custo total logístico, ambiental e social

A função objetivo Custo total logístico, ambiental e social foi definida conforme a equação 15 e tem por objetivo a minimização de custos por meio da obtenção de valores ótimos para as variáveis de decisão  $y_{tm}^A, y_{tm}^B, I_{tpr}, I_{tp}^{CD}, Z_{tpr}$ .

$$\begin{aligned}
minCTLAS = & \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M y_{tm}^A C_m^A + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M y_{tm}^B C_m^B + \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P \sum_{r=1}^R I_{tpr} h_p \\
& + \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P I_{tp}^{CD} h_p + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M N y_{tm}^A e_m + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M N y_{tm}^B e_m \\
& + \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P \sum_{r=1}^R G_p z_{tpr}
\end{aligned} \tag{15}$$

O índice  $t$  identifica o período no horizonte de  $T$  períodos planejados,  $p$  identifica o produto dentro do grupo de  $P$  produtos,  $m$  faz a distinção entre as  $M$  rotas existentes, e  $r$  identifica cada uma das  $R$  regionais de saúde.

Analogamente às funções 12, 13 e 14 os dois primeiros termos da função objetivo estão relacionados aos custos de transporte não refrigerado e refrigerado, respectivamente. O terceiro, aos custos de manutenção de estoque nas regionais de saúde e o quarto aos custos de manutenção de estoque no Centro de Distribuição.

O quinto e o sexto termos novamente trazem o custo de neutralização do uso de cada veículo, em cada rota e em cada período (também em função das variáveis  $y_{tm}^A$  e  $y_{tm}^B$ ), penalizando a função custo pelos impactos ambientais. Uma vez que em caso de uso do veículo A, na rota  $m$  no período  $t$ , haverá a emissão da massa de  $\text{CO}_2$  equivalente à rota ( $e_m$ ) que tem um custo  $N$  de neutralização.

Por fim, o sétimo termo traz o custo de não atendimento da demanda, para cada produto, período e regional, em função da variável  $z_{tpr}$  penalizando a função custo pelos impactos sociais. Uma vez que em caso de falta do produto  $p$ , na regional  $r$  no período  $t$ , haverá um custo unitário para cada produto ( $G_p$ ).

### 3.3.5.6 Função emissão total

A função objetivo Emissão total foi definida conforme a equação 16 e tem por objetivo a minimização de custos por meio da obtenção de valores ótimos especificamente para as variáveis de decisão  $y_{tm}^A$  e  $y_{tm}^B$ .

$$\min ET = \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M y_{tm}^A e_m + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M y_{tm}^B e_m \quad (16)$$

O índice  $t$  identifica o período no horizonte de  $T$  períodos planejados, e  $m$  faz a distinção entre as  $M$  rotas existentes.

De forma semelhante à apresentada nas funções 13 e 15 os termos da função objetivo estão relacionados ao uso de cada veículo, em cada rota e em cada período, todavia, nesta função os impactos ambientais são mensurados em toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas.

### 3.3.5.7 Função demanda média não atendida

A função objetivo demanda média não atendida foi definida conforme a equação 17 e tem por objetivo a minimização de custos por meio da obtenção de valores ótimos para a variável  $z_{tpr}$ .

$$\min DMNA = \frac{1}{TPR} \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P \sum_{r=1}^R z_{tpr} = \frac{1}{TPR} \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P \sum_{r=1}^R \frac{z_{tpr}}{d_{tpr}} \quad (17)$$

O índice  $t$  identifica o período no horizonte de  $T$  períodos planejados,  $p$  identifica o produto dentro do grupo de  $P$  produtos, e  $r$  identifica cada uma das  $R$  regionais de saúde. Esta função busca minimizar a média das demandas não atendidas.

Ao contrário da função 15, onde há uma penalização financeira para a falta do produto, neste cenário o custo não participa do cálculo, apenas faz-se o percentual a quantidade não atendida  $z_{tpr}$  e a quantidade demandada (parâmetro)  $d_{tpr}$ . Por fim, minimiza-se a média desses percentuais.

## 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A solução do modelo matemático se deu pela implementação do mesmo no solver comercial Gurobi versão 9.5.1 por intermédio de sua biblioteca Gurobipy, interface da linguagem de programação utilizada Python, e executado com a configuração padrão de seus parâmetros e tempo limite de 1.800 segundos (ou GAP de 1%) em um computador com processador Intel Core i5-5200U @ 2.20 GHz e 8.0 GB de memória RAM no sistema operacional Microsoft Windows 10 de 64 bits.

### 3.4.1 Curva “ABC”

Como proposto, foi feita uma Curva ABC, considerando as quantidades transportadas, bem como os custos dos produtos. A fim de evitar vieses de sazonalidade, foram calculadas as Curvas ABC para cada tipo de produto e cada ano, 2019, 2020 e 2021. Os critérios percentuais de corte foram, 80% para o segmento A, 95% para o segmento B, e o restante para o segmento C.

**Tabela 3.8 - Curva ABC para produtos refrigerados**

CATEGORIA	2019		2020		2021	
	ITENS	% TOTAL	ITENS	% TOTAL	ITENS	% TOTAL
A	13	0,058296	18	0,071713	21	0,075812
B	20	0,089686	26	0,103586	24	0,086643
C	190	0,852018	207	0,824701	232	0,837545
<b>TOTAL</b>	223	1	251	1	277	1

**Fonte:** Autoria própria.

Conforme é possível observar na Tabela 3.8, no ano de 2019 apenas 13 produtos, dos 223 transportados, foram responsáveis por 80% das movimentações de produtos refrigerados. Números semelhantes foram observados nos anos de 2020 (18 de 251) e 2021 (21 de 277).

Um comportamento semelhante foi observado com os dados coletados para os produtos secos. A Tabela 3.9, revela que em 2019, 49 dos 1346 tipos de produtos transportados corresponderam a 95% do montante; e que em 2020 (55 de 1432) e 2021 (55 de 1477) o comportamento foi semelhante. Removendo as duplicidades, foi obtida uma base de 35 produtos refrigerados e 95 secos, que nortearam os parâmetros deste estudo.

**Tabela 3.9 - Curva ABC para produtos secos**

CATEGORIA	2019		2020		2021	
	ITENS	% TOTAL	ITENS	% TOTAL	ITENS	% TOTAL
A	49	0,036404	55	0,038408	55	0,037238
B	96	0,071322	109	0,076117	107	0,072444
C	1201	0,892273	1268	0,885475	1315	0,890318
<b>TOTAL</b>	1346	1	1432	1	1477	1

**Fonte:** Autoria própria.

Nos dados fornecidos pelo CEMEPAR, foram depurados os dados de demanda em cada regional de saúde, para os 130 produtos que compuseram a base do estudo.

### 3.4.2 Resultados dos Modelos Matemáticos

Os modelos matemáticos foram processados, tendo como função objetivo uma das equações – 12, 13, 14, 15, 16 e 17 – descritas no tópico anterior. Todavia, embora a cada execução, apenas uma fosse identificada como objetivo para o solver, foi registrado o valor que cada uma das equações assumiu no final da execução, conforme detalhado Tabela 3.10. Estes dados serão melhor discutidos no tópico 3.4.3. Quanto ao desempenho do modelo nas resoluções dos respectivos cenários, a Tabela 3.11 traz a consolidação do log de cada execução.

**Tabela 3.10 - Modelos e resultados das funções objetivo**

Variável	Cenário					
	min CTL	min CTLA	min CTLS	min CTLSA	min ET	min DMNA
CTL (R\$ x10 <sup>8</sup> )	191,5	196,4	191,5	196,7	272,9	211,9
CTLA (R\$ x10 <sup>8</sup> )	191,5	196,4	191,5	196,7	272,9	211,9
CTLS (R\$ x10 <sup>8</sup> )	586,1	572,5	586,2	574,2	1.272,3	633,1
CTLSA (R\$ x10 <sup>8</sup> )	586,1	572,5	586,2	574,2	1.272,3	633,1
ET (ton)	17,12	16,50	17,12	16,50	0	16,50
DMNA (%)	35,60	36,36	35,60	36,49	81,24	26,62

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela 3.11** - Registro da execução de cada modelo no Solver Gurobi

<b>Log</b>	<b>min CTL</b>	<b>min CTLA</b>	<b>min CTLS</b>	<b>min CTLSA</b>	<b>min ET</b>	<b>min DMN A</b>
<b>Presolve time (s)</b>	3,77	5,33	5,09	4,36	-	3,65
<b>GAP (%)</b>	0,0074	0,5376	0,0003	0,8406	0,0	0,0
<b>Node time (s)</b>	361,74	205,49	334,42	216,67	0,03	3057,98
<b>Nodes</b>	1114	1	1176	1	0	2076
<b>Solution count</b>	10	10	10	10	1	10

**Fonte:** Autoria própria.

### 3.4.3 Análise dos Modelos

#### 3.4.3.1 Minimizar Custo Total Logístico

Os custos logísticos – transporte e armazenamento – foram adotados como custos básicos e elementares em todos os cenários. Porém, especificamente no Cenário 1, sua minimização buscou reproduzir a busca mais recorrente em modelos, a minimização de custos, porém, sem nenhuma penalização por efeitos sociais ou ambientais, ou seja, uma otimização unicamente econômica.

A tabela 3.12 traz a composição desse custo, segmentada conforme os elementos que compõem a função objetivo descrita pela Equação 12.

**Tabela 3.12** - Detalhamento dos custos no Modelo Custo Total Logístico

	<b>Custo</b>	<b>Custo percentual</b>
<b>Transporte não-refrigerado</b>	R\$ 21.261,00	0,011%
<b>Transporte refrigerado</b>	R\$ 68.136,00	0,036%
<b>Armazenamento Regional</b>	R\$ 35.200.805,13	18,374%
<b>Armazenamento Central</b>	R\$ 156.293.985,91	81,580%
<b>Total</b>	R\$ 191.584.188,04	100%

**Fonte:** Autoria própria.

Neste cenário, as forças-motrizes para movimentações, foram a diferença de custo de transporte e custo de armazenamento, e a restrição de espaço físico no centro de distribuição. Ou seja, ao mesmo tempo, o modelo deveria optar entre manter o produto em estoque ou transportá-lo para alguma regional de saúde, e considerar que devido o ressuprimento constante (parâmetro  $q_{tp}$ ) o estoque  $I_{tp}^{CD}$  deveria ser reduzido para satisfazer as restrições descritas nas equações 5 e 6.

Quanto às movimentações e utilização dos veículos, foi diferente da prevista pelo planejamento atual do Cemepar, visto que o modelo optou por enviar dois veículos na mesma rota no mesmo período, e não atender as regionais de saúde alocadas na Rota 4 com transporte não refrigerado.

#### 3.4.3.2 Minimizar Custo Total Logístico e Ambiental

No Cenário 2, além dos custos logísticos – transporte e armazenamento – adotados como custos básicos, o modelo incorporou os custos de neutralização das toneladas de CO<sub>2</sub> geradas com as movimentações. Uma espécie de penalização por efeitos ambientais.

A tabela 3.13 traz a composição desse custo, segmentada conforme os elementos que compõem a função objetivo descrita pela Equação 13.

**Tabela 3.13** - Detalhamento dos custos no Modelo Custo Total Logístico e Ambiental

	<b>Custo</b>	<b>Custo percentual</b>
<b>Transporte não-refrigerado</b>	R\$ 21.261,00	0,011%
<b>Transporte refrigerado</b>	R\$ 68.136,00	0,036%
<b>Armazenamento Regional</b>	R\$ 32.598.753,21	17,016%
<b>Armazenamento Central</b>	R\$ 158.882.594,78	81,580%
<b>Neutralização CO<sub>2</sub></b>	R\$ 6.248,00	0,003%
<b>Total</b>	R\$ 191.576.993,14	100%

**Fonte:** Autoria própria.

Neste cenário, novamente, os agentes geradores de movimentações, foram a diferença de custo de transporte e custo de armazenamento, e a restrição de espaço físico no centro de distribuição. Ou seja, ao mesmo tempo, o modelo deveria optar entre manter o produto em estoque ou transportá-lo para alguma regional de saúde, e considerar que devido o

ressuprimento constante (parâmetro  $q_{tp}$ ) o estoque  $I_{tp}^{CD}$  deveria ser reduzido para satisfazer as restrições descritas nas equações 5 e 6.

Quanto às movimentações e utilização dos veículos, novamente foi diferente da prevista pelo planejamento atual do Cemepar, visto que o modelo optou por enviar dois veículos na mesma rota no mesmo período, e não atender as regionais de saúde alocadas na Rota 4, mas desta vez, tanto com nenhum tipo de veículo.

O que chama a atenção neste modelo é a irrelevância que a penalização financeira teve sobre os custos totais, compondo apenas 0,003% do montante. Isso sugere que antes de incorporar a penalização financeira, deve ser considerada a relevância que essa terá na composição dos custos.

#### 3.4.3.3 Minimizar Custo Total Logístico e Social

Assim como nos outros modelos já analisados, os custos logísticos – transporte e armazenamento – foram adotados como custos básicos neste modelo. No Cenário 3, o modelo incorporou além desses custos, os custos de não atendimento da demanda. Uma espécie de penalização por efeitos sociais.

A tabela 3.14 traz a composição desse custo, segmentada conforme os elementos que compõem a função objetivo descrita pela Equação 14.

**Tabela 3.14** - Detalhamento dos custos no Modelo Custo Total Logístico e Ambiental

	<b>Custo</b>	<b>Custo percentual</b>
<b>Transporte não-refrigerado</b>	R\$ 22.563,00	0,004%
<b>Transporte refrigerado</b>	R\$ 67.694,00	0,012%
<b>Armazenamento Regional</b>	R\$ 44.768.470,57	7,820%
<b>Armazenamento Central</b>	R\$ 151.578.000,61	26,476%
<b>Não atendimento</b>	R\$ 376.080.580,73	65,689%
<b>Total</b>	R\$ 572.517.308,91	100%

**Fonte:** Autoria própria.

Neste cenário, além dos impulsos para movimentações já descritas anteriormente, como a diferença de custo de transporte e custo de armazenamento, e a restrição de espaço físico no

centro de distribuição. Desta vez, gerar movimentações de produtos garantiria redução na composição do custo.

Neste modelo, o destaque é a relevância que a penalização financeira teve sobre os custos totais, compondo 65,689% do montante. Isso sugere que houve um alto impacto e que o modelo foi forçado por motivos econômicos a otimizar a distribuição dos produtos, embora limitado pelas restrições de capacidade física e de veículos.

#### 3.4.3.4 Minimizar Custo Total Logístico, ambiental e social

Da mesma forma que nos modelos anteriormente analisados, os custos logísticos – transporte e armazenamento – foram adotados como custos básicos. No Cenário 4, assim como no cenário 2, o modelo incorporou além desses custos, os custos de neutralização das toneladas de CO<sub>2</sub> geradas com as movimentações. Além disso, assim como no cenário 3, incorporou também os custos de não atendimento da demanda. Neste caso então, o modelo deverá otimizar uma função custo composta por custos logísticos e por penalizações financeiras tangentes aos aspectos de sustentabilidade.

A tabela 3.15 traz a composição desse custo, segmentada conforme os elementos que compõem a função objetivo descrita pela Equação 15.

**Tabela 3.15** - Detalhamento dos custos no Modelo Custo Total Logístico e Ambiental

	<b>Custo</b>	<b>Custo percentual</b>
<b>Transporte não-refrigerado</b>	R\$ 22.563,00	0,004%
<b>Transporte refrigerado</b>	R\$ 67.694,00	0,012%
<b>Armazenamento Regional</b>	R\$ 43.000.913,77	7,488%
<b>Armazenamento Central</b>	R\$ 153.642.498,11	26,754%
<b>Não atendimento</b>	R\$ 377.533.697,26	65,741%
<b>Neutralização CO<sub>2</sub></b>	R\$ 6.022,50	0,001%
<b>Total</b>	R\$ 574.273.388,64	100%

**Fonte:** Autoria própria.

Neste modelo, além da causa raiz para movimentações já descritas anteriormente, como a diferença de custo de transporte e custo de armazenamento, e a restrição de espaço físico no centro de distribuição. Novamente, gerar movimentações de produtos garantiria redução na

composição do custo. Neste cenário, com maior quantidade de componentes na função objetivo, o modelo foi forçado a encontrar a melhor solução financeira, considerando indiretamente aspectos de sustentabilidade.

#### 3.4.3.5 *Minimizar emissões totais.*

O quinto modelo, ao contrário dos anteriores, buscou otimizar o somatório das emissões totais de CO<sub>2</sub> com o transporte de produtos. Todavia não obteve êxito visto que não havia razão para o transporte.

A capacidade física do centro de distribuição não foi um fator limitante e absorveu as entradas constantes de reposição. As diferenças de custo de transporte e armazenamento também não tiveram nenhum impacto pois a função objetivo descrita pela Equação 16 não considera nenhum custo. E tampouco a demanda foi um fator que tivesse algum efeito. Como esperado nesse cenário, não houve nenhum transporte e nenhuma emissão de CO<sub>2</sub>.

#### 3.4.3.6 *Minimizar demanda média não atendida*

Por fim, o sexto modelo buscou minimizar a demanda média não atendida, cuja função objetivo descrita pela Equação 16, também não contempla nenhum componente de custo, apenas a demanda  $d_{tpr}$  e a demanda não atendida  $z_{tpr}$ , ou seja, a quantidade de produtos que não chegou ao consumidor final.

Neste cenário, o resultado mínimo encontrado pelo modelo, respeitando as restrições de capacidade e transporte, foi de 26,62%, o melhor entre todos os modelos. Chama a atenção o fato que nos cenários 3 e 4, a penalização financeira pelo não atendimento da demanda também utilizou a mesma variável  $z_{tpr}$ , e teve uma demanda média não atendida de 36,49%. Além disso, outro fator relevante foi o tempo gasto até a solução, sendo este o modelo com maior tempo de processamento (3058 s).

### 3.4.4 **Discussão dos aspectos de sustentabilidade**

O estudo da rede de distribuição de medicamentos da Secretaria Estadual de Saúde do Paraná buscou representar inicialmente realizar um diagnóstico da situação atual e abstraí-la em um modelo conceitual. Observou-se que nenhum aspecto de sustentabilidade era considerado, embora implicitamente haja a busca pelo melhor desempenho possível dentro das limitações do serviço público. Durante a construção do modelo matemático, notou-se a

possibilidade de atender o tripé da sustentabilidade, ao incorporar os aspectos ambiental e social.

Como aspecto ambiental, optou-se pela mensuração da massa de CO<sub>2</sub> emitida nas rotas de transporte, pois essas eram preestabelecidas. Já como aspecto social, o nível de serviço, expressado pelo percentual de atendimento da demanda, foi a melhor forma encontrada, diante dos dados disponíveis.

Embora cada modelo trouxesse uma função objetivo diferente, optou-se por registrar os custos individualmente, conforme apresentado na Tabela 3.16. Em todos os modelos que a função objetivo contemplava uma minimização de custos, é possível observar uma pequena variação percentual entre os resultados dos custos totais logísticos (CTL). Já no quinto modelo, observa-se um custo maior. O que é justificável, visto que não houve movimentações, então a cada período acumulava-se o custo de armazenamento. No sexto modelo, aparentemente houve um ponto de equilíbrio, onde o custo total logístico não foi baixo como nos modelos que buscavam minimização de custo, mas não foi alto como quando não houve movimentações.

Outro ponto de discussão identificado é a adoção da penalização financeira na função objetivo, incorporada aos custos logísticos totais. No que tange os aspectos ambientais de sustentabilidade, observou-se que esta abordagem não trouxe os resultados esperados. Comparando os modelos 1 e 2, sem e com a penalização respectivamente, houve um aumento no resultado da função objetivo, embora tenha ocorrido uma leve redução nas emissões totais. A causa do insucesso possivelmente seja a desproporcionalidade entre os montantes que compõem a função custo. Neste caso, imputar uma função objetivo específica para o indicador é a melhor abordagem.

No mesmo caminho, a adoção da penalização financeira para o aspecto social também não se mostrou uma abordagem eficaz. Comparando os modelos 1 e 3, sem e com a penalização respectivamente, houve uma manutenção nos custos logísticos totais e na demanda média não atendida (35,6%). Porém, ao contrário do aspecto ambiental, ainda não foi possível afirmar a causa do insucesso. Como este estudo analisou apenas o cenário real, é possível que em cenários alternativos, como outras rotas e ampliações da capacidade, haja um impacto real.

Por outro lado, embora o aspecto ambiental adotado no modelo 5 não tenha uma força-motriz em si mesmo para executar movimentações, o aspecto social adotado isoladamente no modelo 6 mostrou-se pertinente. Mesmo não tendo um custo logístico tão baixo quanto os modelos que buscavam explicitamente a minimização de custos, o modelo 6 entregou a menor

demanda média não atendida. Com as movimentações deste modelo, mais produtos chegaram ao seu destino e atenderam a demanda da população.

**Tabela 3.16 - Modelos e resultados das funções objetivo**

Variável	Cenário					
	min CTL	min CTLA	min CTLS	min CTLSA	min ET	min DMNA
<b>CTL (R\$ x10<sup>8</sup>)</b>	191,5	196,4	191,5	196,7	272,9	211,9
<b>CTLA (R\$ x10<sup>8</sup>)</b>	191,5	196,4	191,5	196,7	272,9	211,9
<b>CTLS (R\$ x10<sup>8</sup>)</b>	586,1	572,5	586,2	574,2	1.272,3	633,1
<b>CTLSA (R\$ x10<sup>8</sup>)</b>	586,1	572,5	586,2	574,2	1.272,3	633,1
<b>ET (ton)</b>	17,12	16,50	17,12	16,50	0	16,50
<b>DMNA (%)</b>	35,60	36,36	35,60	36,49	81,24	26,62

**Fonte:** Autoria própria.

### 3.5 CONCLUSÕES

Dentro das limitações deste estudo, que se objetivou a analisar a rede de distribuição de medicamentos, pertinentes ao Ciclo de Assistência Farmacêutica, feita pela Secretaria de Saúde do Estado do Paraná, pode-se concluir que a despeito das dificuldades encontradas no setor público, trata-se de uma cadeia de suprimentos passível de ser abstraída em um modelo conceitual para posterior modelagem matemática.

Quanto ao uso de ferramentas de programação linear inteira mista, como estratégia para apoio à tomada de decisão no planejamento desta rede considerando aspectos de sustentabilidade, pode-se concluir que é uma abordagem promissora, haja vista a possibilidade de incorporação dos indicadores, e suas respectivas otimizações.

Por fim, os aspectos de sustentabilidade adotados, econômicos (minimizar custos), social (aumentar atendimento da demanda) e ambiental (minimizar emissão de CO<sub>2</sub> no transporte), precisam ser reajustados para a realidade do setor embora o aspecto social tenha tido um comportamento favorável à população quando utilizado.

Como recomendação a pesquisas futuras, sugere-se o uso de cenários alternativos (rotas, disponibilidade de veículos e variações de capacidades) a fim de buscar otimização, considerando ou não aspectos sustentáveis. Por sua vez, quanto aos aspectos sustentáveis cabíveis a essa rede, um estudo mais aprofundado de outros indicadores trará grandes contribuições. Já em relação aos métodos de pesquisa, estruturar um modelo multiobjetivo consolidando os modelos 1, 5 e 6 deste estudo, pode trazer resultados satisfatórios a fim de caracterizar essa rede de distribuição como sustentável.

---

## CONCLUSÃO

---

Esta dissertação teve como principal objetivo explorar os aspectos de sustentabilidade dentro da cadeia de suprimentos, tanto na esfera teórico-conceitual, quanto prático-experimental. Para isso, foram desenvolvidos dois artigos, o primeiro foi composto de uma meta-revisão sistemática com o propósito de analisar o estado da arte da literatura na busca por convergências e divergências dentre os termos “Sustainable supply chain management”; “Green supply chain management”; “Closed-Loop supply chain management” e “Reverse Logistics” com base nos procedimentos metodológicos da revisão sistemática da literatura.

Já no segundo artigo, o objetivo foi analisar a rede de distribuição de medicamentos, pertinentes ao Ciclo de Assistência Farmacêutica, feita pela Secretaria de Saúde do Estado do Paraná, considerando aspectos de sustentabilidade e apresentar uma ferramenta de apoio a tomada de decisão no planejamento desta rede para integrar decisões logísticas, de armazenamento e distribuição, ponderando objetivos econômico (minimizar custos), social (aumentar atendimento da demanda) e ambiental (minimizar emissão de CO<sub>2</sub> no transporte), utilizando ferramentas de programação linear inteira mista.

No primeiro artigo foi possível inferir com base nas definições identificadas pelas diversas revisões sistemáticas conduzidas sobre esses temas, que, embora seja possível conceituá-los e diferenciá-los, há nítidos pontos de intersecção e convergência entre si. Os objetivos ambientais estabelecidos por uma Gestão da Cadeia de Suprimentos Sustentável (SSCM), podem ser alcançados por meio de estratégias no desenvolvimento de produtos, previstas na GSCM, e essa por sua vez requer o máximo desempenho da Logística Reversa.

Essa última, no entanto, desponta como força motriz operacional, para a aplicação dos

conceitos de economia circular no âmbito da Cadeia de Suprimentos, permitindo a existência de uma Cadeia de Suprimentos de Ciclo Fechado (CLSC), e essa por sua vez, também sob práticas de GSCM, vai além e é capaz de promover objetivos além dos ambientais, tornando-se uma estratégia para culminar em uma Cadeia de Suprimentos Sustentável.

Já no segundo artigo, pode-se concluir que a despeito das dificuldades encontradas no setor público, trata-se de uma cadeia de suprimentos passível de ser abstraída em um modelo conceitual para posterior modelagem matemática. Além disso, no que tange o uso de ferramentas de programação linear inteira mista, como estratégia para apoio à tomada de decisão no planejamento desta rede considerando aspectos de sustentabilidade, pode-se concluir que é uma abordagem promissora, haja vista a possibilidade de incorporação dos indicadores, e suas respectivas otimizações. E finalmente, quanto aos aspectos de sustentabilidade adotados, econômicos (minimizar custos), social (aumentar atendimento da demanda) e ambiental (minimizar emissão de CO<sub>2</sub> no transporte), precisam ser reajustados para a realidade do setor embora o aspecto social tenha tido um comportamento favorável à população quando utilizado.

A esfera teórico-conceitual explorada no primeiro artigo, permitiu identificar a densidade do que há por trás dos conceitos que correlacionam a sustentabilidade dentro da gestão da cadeia de suprimentos, bem como suas práticas, objetivos e limitações. Por sua vez, no artigo de foco prático-experimental, observamos que incorporar aspectos de sustentabilidade em uma cadeia de suprimentos já existente, além de desafiador, requer adequação dos indicadores aos dados que estão disponíveis.

Haja vista o exposto, tanto os resultados teóricos quanto os práticos deixam oportunidades de pesquisas futuras. Na análise de conceitos, sugere-se a exploração de como eles coexistem nas esferas estratégicas, táticas e operacionais. Outro ponto para outros estudos explorarem é como esses conceitos tornam-se aplicáveis dentro da cadeia de suprimentos farmacêuticos. Desde a aplicabilidade do “Green Supply Chain Management” no desenvolvimento de produtos, ou do “Closed-loop Supply Chain” numa possível recuperação de valor, entre outras possibilidades.

Já para análise experimental, propõe-se o uso de cenários alternativos (rotas, disponibilidade de veículos e variações de capacidades) a fim de buscar otimização, considerando ou não aspectos sustentáveis. Por sua vez, quanto aos aspectos sustentáveis cabíveis a essa rede, um estudo mais aprofundado de outros indicadores trará grandes contribuições. Além disso, sugere-se explorar outros pontos da cadeia de suprimentos onde

melhorias ambientais e sociais podem ser aplicadas, como o uso de energia solar nos armazenamentos, veículos que utilizam biocombustíveis, ou ainda a instalação de indústrias e centros de distribuição em zonas de vulnerabilidade para geração de emprego e renda. Já em relação aos métodos de pesquisa, estruturar um modelo multiobjetivo consolidando os modelos 1, 5 e 6 deste estudo, pode trazer resultados satisfatórios a fim de caracterizar essa rede de distribuição como sustentável.

## REFERÊNCIAS

- ABBAS, M.P.H.; HOSSEININEZHAD, S.J. A robust approach to multi period covering location-allocation problem in pharmaceutical supply chain. **Journal of Industrial and Systems Engineering**. v.9, pp 71-84, 2016.
- ABBASI, M. Towards socially sustainable supply chains – themes and challenges. **European Business Review**, v. 29, n. 3, p. 261–303, 2017.
- ABBASI, M.; NILSSON, F. Themes and challenges in making supply chains environmentally sustainable. **Supply Chain Management**, v. 17, n. 5, p. 517–530, 2012.
- ABUKHADER, S.M.; JÖNSON, G. Logistics and the environment: Is it an established subject? **International Journal of Logistics Research and Applications** 7, 137–149, 2004.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Logística reversa para o setor de medicamentos**, 2013.
- AGERON, B.; GUNASEKARAN, A.; SPALANZANI, A. Sustainable Supply Management: An Empirical Study. **International Journal of Production Economics**, Vol.140 (1), pp. 168-182, 2012.
- AGHABABAEI, B.; PISHVAEE, M. S.; BARZINPOUR, F. A two-stage fuzzy optimization model for scarce drugs supply and ration planning under uncertainty: A case study. **Applied Soft Computing**, v. 81, p. 105514, ago. 2019.
- AGI, M. A. N.; FARAMARZI-OGHANI, S.; HAZIR, Ö. Game theory-based models in green supply chain management: a review of the literature. **International Journal of Production Research**, 2020.
- AHI, P.; SEARCY, C. A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. **J. Clean. Prod.** 52, 329e341. 2013.
- AHMADI, A.; MOUSAZADEH, M.; TORABI, S.A.; PISHVAEE, M.S. OR Applications in Pharmaceutical Supply Chain Management. **International Series in Operations Research and Management Science**, Vol. 262, pp.461-491, 2018.
- ALBINO, V., BALICE, A., DANGELICO, R.M. Environmental strategies and green product development: an overview on sustainability-driven companies. **Bus. Strat. Env.** 18, 83–96, 2009.
- ALINAGHIAN, L.; QIU, J.; RAZMDOOST, K. The role of network structural properties in supply chain sustainability: a systematic literature review and agenda for future research. **Supply Chain Management**, v. 26, n. 2, p. 192–211, 2020.
- ALSHEMARI, A.; BREEN, L.; QUINN, G.; SIVARAJAH, U. Can We Create a Circular Pharmaceutical Supply Chain (CPSC) to Reduce Medicines Waste? **Pharmacy**, v. 8, n. 4, p. 221, 18 nov, 2020.

ÁLVAREZ-GIL, M.J., BERRONE, P., HUSILLOS, F.J., LADO, N. Reverse logistics, stakeholders' influence, organizational slack, and managers' posture. **Journal of Business Research** 60, 463–473, 2007.

ANDIÇ, E., YURT, Ö., BALTACIOĞLU, T. Green supply chains: Efforts and potential applications for the Turkish market. *Resources, Conservation and Recycling* 58, 50–68, 2012.

ASHBY, A.; LEAT, M.; HUDSON-SMITH, M. Making connections: A review of supply chain management and sustainability literature. **Supply Chain Management**, v. 17, n. 5, p. 497–516, 2012.

ASSUMPÇÃO, J. J.; CAMPOS, L. M. DE S.; JABBOUR, A. B. L. DE S.; JABBOUR, C. J. C.; VAZQUEZ-BRUST, D. A. Green Supply Chain Practices: A comprehensive and theoretically multidimensional framework for categorization. **Production**, v. 29, n. 2018, 2019.

BAG, S.; TELUKDARIE, A.; PRETORIUS, J. H. C.; GUPTA, S. Industry 4.0 and supply chain sustainability: framework and future research directions. **Benchmarking**, 2018.

BALIGA, R.; RAUT, R.; KAMBLE, S. The effect of motivators, supply, and lean management on sustainable supply chain management practices and performance Systematic literature review and modeling. **Benchmarking-An International Journal**, v. 27, n. 1, p. 347–381, 2019.

BANSAL, P.; ROTH, K. WHY COMPANIES GO GREEN: A MODEL OF ECOLOGICAL RESPONSIVENESS. *Academy of Management Journal* 43, 717–736, 2000.

BARBOSA-PÓVOA, A.P. Process Supply Chains Management – Where are We? Where to Go Next? **Frontiers in Energy Research**, v. 2, 2014.

BASTAS, A.; LIYANAGE, K. Sustainable supply chain quality management: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, v. 181, p. 726–744, 2018.

BEAMON, B.M. Designing the green supply chain. *Logistics Information Management* 12, 332–342, 1999.

BELFIORE, P.; FÁVERO, L.P. **Pesquisa operacional: para cursos de engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

BELLONI, A.; MORGAN, D.; PARIS, V. Pharmaceutical Expenditure And Policies: Past Trends And Future Challenges", **OECD Health Working Papers**, No. 87, OECD Publishing, Paris, 2016.

BERTAGLIA, P. R. **Logística: e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. São Paulo: Saraiva, 2003.

BESKE-JANSSEN, P.; JOHNSON, M. P.; SCHALTEGGER, S. 20 years of performance measurement in sustainable supply chain management - what has been achieved? **Supply Chain Management-An International Journal**, v. 20, n. 6, SI, p. 664–680, 2015.

BOUZON, M.; MIGUEL, P. A. C.; RODRIGUEZ, C. M. T. Managing end of life products: A review of the literature on reverse logistics in Brazil. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 25, n. 5, p. 564–584, 2014.

BRANDENBURG, M.; GOVINDAN, K.; SARKIS, J.; SEURING, S. Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions. **European Journal of Operational Research** 233, 299–312, 2014.

BRASIL, Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 3.916, de 30 de outubro de 1998**. Brasília, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Portaria nº 338, de 06 de maio de 2004**. Brasília, 2004.

BUBICZ, M. E.; BARBOSA-PÓVOA, A. P. F. D.; CARVALHO, A. Incorporating social aspects in sustainable supply chains: Trends and future directions. **Journal of Cleaner Production**, v. 237, 2019.

BULSARA, H. P.; QURESHI, M. N.; PATEL, H. Green supply chain performance measurement: An exploratory study. **International Journal of Logistics Systems and Management**, v. 23, n. 4, p. 476–498, 2016.

BURNS, L.R. **The health care value chain: producers, purchasers, and providers**. 1st ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2002.

BÜYÜKÖZKAN, G., ÇIFÇI, G. Evaluation of the green supply chain management practices: a fuzzy ANP approach. **Production Planning & Control** 23, 405–418, 2012.

CARTER, C. R.; EASTON, P. L. Sustainable supply chain management: Evolution and future directions. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 41, n. 1, p. 46–62, 2011.

CARTER, C. R.; HATTON, M. R.; WU, C.; CHEN, X. Sustainable supply chain management: continuing evolution and future directions. **International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 50, n. 1, p. 122–146, 2019.

CARTER, C. R.; ROGERS, D. S. A framework of sustainable supply chain management: towards new theory. **International Journal of Physical: Distribution and Logistics Management**, Vol. 38 No. 5, pp. 360-387, 2008.

CARTER, C. R.; WASHISPACK, S. Mapping the Path Forward for Sustainable Supply Chain Management: A Review of Reviews. **JOURNAL OF BUSINESS LOGISTICS**, v. 39, n. 4, p. 242–247, 2018.

CARVALHO JUNIOR, Saulo de; MACEDO, Sonja Helena Madeira. **Logística Farmacêutica Geral: da teoria à prática**. São Paulo: CONTENTO, 2012.

CENTOBELLI, P.; CERCHIONE, R.; ESPOSITO, E. Developing the WH2 framework for environmental sustainability in logistics service providers: A taxonomy of green initiatives. **Journal of Cleaner Production**, v. 165, p. 1063–1077, 2017.

CENTOBELLI, P.; CERCHIONE, R.; ESPOSITO, E. Environmental sustainability and energy-efficient supply chain management: A review of research trends and proposed guidelines. **Energies**, v. 11, n. 2, 2018.

CHARKHA, P.G.; JAJU, S.B. Supply chain performance measurement system: an overview. **IJBPSM** 6, 40, 2014.

CHEN, X.; YANG, H.; WANG, X. Effects of price cap regulation on the pharmaceutical supply chain. **Journal of Business Research**, v. 97, p. 281–290, 2019.

CICCULLO, F.; PERO, M.; CARIDI, M.; GOSLING, J.; PURVIS, L. Integrating the environmental and social sustainability pillars into the lean and agile supply chain management paradigms: A literature review and future research directions. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 2336–2350, 2018.

CILIBERTI, F., PONTRANDOLFO, P., SCOZZI, B. Logistics social responsibility: Standard adoption and practices in Italian companies. **International Journal of Production Economics** 113, 88–106, 2008.

CNM, **Desabastecimento de medicamentos e a obrigatoriedade do uso de máscaras**. 2022.

COENEN, J.; VAN DER HEIJDEN, R. E. C. M.; VAN RIEL, A. C. R. Understanding approaches to complexity and uncertainty in closed-loop supply chain management: Past findings and future directions. **Journal Of Cleaner Production**, v. 201, p. 1–13, 2018.

DAN, B.; LIU, F. Study on green supply chain and its architecture. **China Mechanical Engineering** 11, 1233–1236, 2000.

DAS, K.; RAO POSINASETTI, N. Addressing environmental concerns in closed loop supply chain design and planning. **International Journal of Production Economics** 163, 34–47, 2015.

DE GIOVANNI, P.; ZACCOUR, G. A two-period game of a closed-loop supply chain. **European Journal of Operational Research** 232, 22–40, 2014.

DE OLIVEIRA, U. R.; ESPINDOLA, L. S.; DA SILVA, I. R.; DA SILVA, I. N.; ROCHA, H. M. A systematic literature review on green supply chain management: Research implications and future perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 187, p. 537–561, 2018.

DHAKAL, M.; HUDSON SMITH, M.; NEWBERY, R. Secondary Market: A Significant Aspect in Reverse Logistics and Sustainability. **The International Journal of Sustainability in Economic, Social, and Cultural Context** 12, 25–35, 2016.

DORNIER, P. *et al.* **Logística e operações globais: texto e casos**. São Paulo: Atlas, 2000.

DOWLATSHAHI, S. Developing a theory of reverse logistics, **Interfaces**, Vol. 30 No. 3, pp. 143-155, 2000.

DUARTE, I. *et al.* Pharmaceutical industry supply chains: How to sustainably improve access to vaccines? **Chemical Engineering Research and Design**, v. 182, p. 324–341, 2022.

DUBEY, R.; GUNASEKARAN, A.; PAPADOPOULOS, T. Green supply chain management: theoretical framework and further research directions. **Benchmarking**, v. 24, n. 1, p. 184–218, 2017.

DYLLICK, T.; HOCKERTS, K. Beyond the business case for corporate sustainability, **Business Strategy and the Environment**, Vol.11, pp.130-141, 2002.

ELBAZ, J.; IDDIK, S. Culture and green supply chain management (GSCM): A systematic literature review and a proposal of a model. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 31, n. 2, p. 483–504, 2020.

ELKINGTON, J. Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business. **Environmental Quality Management**, v. 8, n. 1, p. 37–51, 1998.

EMMET, S.; SOOD, V. **Green Supply Chains: An Action Manifesto**, Wiley, Chichester, West Sussex, UK, 2010.

FANG, C.; ZHANG, J. Performance of green supply chain management: A systematic review and meta analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 183, p. 1064–1081, 2018.

FAWCETT, S.; MAGNAN, G.; MCCARTER, M. Supply Chain Alliances and Social Dilemmas: Bridging the Barriers That Impede Collaboration. **International Journal of Procurement Management**. 1. 318-341, 2008.

FERNANDES, S. M. *et al.* Systematic literature review on the ways of measuring the of reverse logistics performance. **Gestao e Producao**, v. 25, n. 1, p. 175–190, 2018.

FIKSEL, J. Sustainability and resilience: toward a systems approach. **Sustainability: Science, Practice and Policy**, v. 2, n. 2, p. 14–21, out. 2006.

FILIPPINI, R. Operations management research: some reflections on evolution, models and empirical studies in OM. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 17, n. 7, p. 655–670, 1997.

FONSECA, E.C.C.; BARREIROS, E.C.M.; GONÇALVES, P.V.S.; MELO, A.C.S.; NUNES, D.R.L. Proposal for processes map of post-consumption reverse logistics under the perspective of the national solid waste policy. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 12, n. 1, p. 83–100, 1 mar. 2017.

FRENCH, M.L.; LAFORGE, R.L. Closed-loop supply chains in process industries: An empirical study of producer re-use issues. **Journal of Operations Management** 24, 271–286, 2006.

FRENKEL, J.; REIS, J.A.; ARAÚJO, J.R.; NAIDIN, L.C. **Tecnologia e competição na indústria farmacêutica brasileira**. Rio de Janeiro: Financiadora de Estudos e Projetos, 1978.

GADELHA, C.A.G.; QUENTAL, C.; FIALHO, B.C. Saúde e inovação: uma abordagem sistêmica das indústrias de saúde. **Cad Saúde Pública** 2003.

GAO, D.; XU, Z.; RUAN, Y. Z.; LU, H. From a systematic literature review to integrated definition for sustainable supply chain innovation (SSCI). **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 1518–1538, 2017.

GAVRONSKI, I.; KLASSEN, R.D.; VACHON, S.; NASCIMENTO, L.F.M. A resource-based view of green supply management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 47, 872–885, 2011.

GENG, R.; MANSOURI, S. A.; AKTAS, E. The relationship between green supply chain management and performance: A meta-analysis of empirical evidences in Asian emerging economies. **International Journal of Production Economics**, v. 183, p. 245–258, 2017.

GENG, R.; MANSOURI, S. A.; AKTAS, E.; YEN, D. A. The role of Guanxi in green supply chain management in Asia's emerging economies: A conceptual framework. **Industrial Marketing Management**, v. 63, p. 1–17, 2017.

GIANNAKIS, M.; PAPADOPOULOS, T. Supply chain sustainability: A risk management approach. **International Journal of Production Economics** 171, 455–470, 2016.

GILBERT, S. Greening supply chain: enhancing competitiveness through green productivity”, report of the **Top Forum on Enhancing Competitiveness through Green Productivity**, Tapei, May 25-27, pp. 1-6, 2001.

GIMENEZ, C.; SIERRA, V.; RODON, J. Sustainable operations: Their impact on the triple bottom line. **International Journal of Production Economics** 140, 149–159, 2012.

GLOCK, C. H. Decision support models for managing returnable transport items in supply chains: A systematic literature review. **International Journal of Production Economics**, v. 183, p. 561–569, 2017.

GODFREY, R. Ethical Purchasing: Developing the Supply Chain beyond the Environment. In: **Greener Purchasing: Opportunities and Innovations**. Greenleaf Publishing Limited, pp. 244–252, 1998.

GONÇALVES, M.E.; MARINS, F.A.S. Logística reversa numa empresa de laminação de vidros: um estudo de caso. **Gest. Prod.** 13, 397–410, 2006.

GONÇALVES-DIAS, S.L.F.; TEODÓSIO, A. Estrutura da cadeia reversa: “caminhos” e “descaminhos” da embalagem PET. **Prod.** 16, 429–441, 2006.

GONG, M.; SIMPSON, A.; KOH, L.; TAN, K. H. Inside out: The interrelationships of sustainable performance metrics and its effect on business decision making: Theory and practice. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 128, p. 155–166, 2018.

GOODARZIAN, F.; HOSSEINI-NASAB, H.; MUÑUZURI, J.; FAKHRZAD, M. A multi-objective pharmaceutical supply chain network based on a robust fuzzy model: A comparison of meta-heuristics. **Applied Soft Computing**, v. 92, p. 106331, jul. 2020.

GOPAL, P.R.C.; THAKKAR, J. Development of composite sustainable supply chain performance index for the automobile industry. **International Journal of Sustainable Engineering** 8, 366–385, 2015.

GOPALAKRISHNAN, K.; YUSUF, A.; ABUBAKAR, T.; AMBURSA, H. Sustainable supply chain management: A case study of British Aerospace (BAe) Systems. **International Journal of Production Economics**, Vol.140 (1), pp.193-203, 2012.

GOVINDANA, K.; KHODAVERIC, R.; JAFARIAN, A. A fuzzy multi criteria approach for measuring Sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 47 (5), pp.345-354, 2013.

GRABARA, J.; DABYLOVA, M.; ALIBEKOVA, G. Impact of legal standards on logistics management in the context of sustainable development. **Acta Logistica**, 7(1), 31-37, 2020.

GREEN, K.; MORTON, B.; NEW, S. Green purchasing and supply policies: do they improve companies' environmental performance?, **Supply Chain Management: An International Journal**, Vol. 3 No. 2, pp. 89-95, 1998.

GREEN, K.W.; ZELBST, P.J.; MEACHAM, J.; BHADOURIA, V.S. Green supply chain management practices: impact on performance. **Supply Chain Management: An International Journal**, 17(3), 290-305, 2012.

GRUNOW, M.; GÜNTHER, H.-O.; YANG, G. Plant co-ordination in pharmaceuticals supply networks. **OR Spectrum**, v. 25, n. 1, p. 109–141, 1 fev. 2003.

GUIDE, V. D. R.; WASSENHOVE, L. N. V. The reverse supply chain. Harvard: **Harvard Business Review**. Recuperado em 26 de agosto de 2015, de <http://hbr.org/2002/02/the-reverse-supply-chain>

GUIDE, V.D.R.; VAN WASSENHOVE, L.N. Closed-Loop Supply Chains: An Introduction to the Feature Issue (Part 1). **Production and Operations Management**, 15 (3), 345-350, 2006.

GUIDE, V.D.R.; VAN WASSENHOVE, L.N. OR FORUM—the evolution of closed-loop supply chain research, **Operations Research**, Vol. 57 No. 1, pp. 10-18, 2009.

GUIFFRIDA, A.L.; DATTA, P.; EL SAADANY, A.; JABER, M.; BONNEY, M. Environmental performance measures for supply chains. **Manag. Res. Rev.** 34 (11), 1202–1221, 2011.

GUNASEKARAN, A.; SPALANZANI, A. Sustainable of manufacturing services: investigation for research and applications, **International Journal of Production Economics**, Vol. 140 No. 1, pp. 35-47, 2012.

GUPTA, S.; CZINKOTA, M.; OZDEMIR, S. Innovation in Sustainability Initiatives through Reverse Channels. **Journal of Business-to-Business Marketing**, v. 26, n. 3–4, p. 233–243, 2019.

HALIM, I.; ANG, P.; ADHITYA, A. A decision support framework and system for design of sustainable pharmaceutical supply chain network. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 21, n. 2, p. 431–446, mar. 2019.

HANDFIELD, R.B.; NICHOLS JR., E.L. **Introduction to supply chain management**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999.

HANDFIELD, R.B.; SROUFE, R.P.; WALTON, S. Integrating environmental management and supply chain strategies, **Business Strategy and the Environment**, Vol. 14, pp. 1-19, 2005.

HANDFIELD, R.B.; WALTON, S.V.; SEEGER, L.K.; MELNYK, S.A. Green value chain practices in the furniture industry. **J. Oper. Manag.** 15 (4), 293–315, 1997.

HASENCLEVER, L. (Org.). *Economia industrial de empresas farmacêuticas*. Rio de Janeiro: E-papers, 2010.

HASSINI, E.; SURTI, C; SEARCY, C. A literature review and a case study of sustainable supply chains with a focus on metrics". **International Journal of Production Economics**, Vol. 140 No. 1, pp. 69-82, 2012.

HERVANI, A.A.; HELMS, M.M.; SARKIS, J. Performance measurement for green supply chain management. **Benchmarking: An international journal** 12(4), 330-353, 2005.

H'MIDA, S.; LAKHAL, S.Y. A model for assessing the greenness effort in a product supply chain. **International journal of global environmental issues** 7(1), 4-24, 2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Conta-satélite de saúde Brasil: 2010-2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

IRUM, S.; QURESHI, M. I.; ASHFAQ, M.; et al. A review of green supply chain management practices in asian countries. **International Journal of Engineering and Technology(UAE)**, v. 7, n. 2.29 Special Issue 29, p. 1094–1096, 2018.

JABBOUR, C. J. C.; DE SOUSA JABBOUR, A. B. L.; SARKIS, J. Unlocking effective multi-tier supply chain management for sustainability through quantitative modeling: Lessons learned and discoveries to be made. **International Journal of Production Economics**, v. 217, p. 11–30, 2019.

JIA, F.; ZULUAGA-CARDONA, L.; BAILEY, A.; RUEDA, X. Sustainable supply chain management in developing countries: An analysis of the literature. **Journal of Cleaner Production**, v. 189, p. 263–278, 2018.

JIANG, J.; QU, L. Evolution and Emerging Trends of Sustainability in Manufacturing Based on Literature Visualization Analysis. **IEEE ACCESS**, v. 8, p. 121074–121088, 2020.

JULIANELLI, V.; CAIADO, R. G. G.; SCAVARDA, L. F.; CRUZ, S. P. DE M. F. Interplay between reverse logistics and circular economy: Critical success factors-based taxonomy and framework. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 158, n. February, p. 104784, 2020.

KALPANDE, S. D.; TOKE, L. K. Assessment of green supply chain management practices, performance, pressure and barriers amongst Indian manufacturer to achieve sustainable development. **International Journal Of Productivity And Performance Management**, 2020.

KAPOOR, D.; VYAS, R.H.; DADARWAL, D. An Overview on Pharmaceutical Supply Chain: A Next Step towards Good Manufacturing Practice. **Drug Designing & Intellectual Properties International Journal**, Lupine Publishers, LLC, vol. 1(2), pages 49-54, March, 2018.

KAUR, J.; AWASTHI, A. A systematic literature review on barriers in green supply chain management Jasneet Kaur and Anjali Awasthi \*. **Int. J. Logistics Systems and Management**, v. 30, n. 3, p. 330–348, 2018.

KETPRAPAKORN, N. Toward an Asian corporate sustainability model: An integrative review. **Journal of Cleaner Production**, v. 239, 2019.

KHAN, S. A. R.; YU, Z.; GOLPIRA, H.; SHARIF, A.; MARDANI, A. A state-of-the-art review and meta-analysis on sustainable supply chain management: Future research directions. **Journal of Cleaner Production**, v. 278, 2021.

KHAN, S.A.R.; DONG, Q. Impact of green supply chain management practices on firms' performance: an empirical study from the perspective of Pakistan. **Environ. Sci. Pollut. Control Ser.** 24 (20), 16829e16844, 2017.

KIM, J.H.; YOUN, S.; ROH, J.J. Green supply chain management orientation and firm performance: evidence from South Korea. **Int. J. Serv. Oper. Manag.** 8 (3), 283–304, 2011.

KIM, K.; JEONG, B.; JUNG, H. Supply chain surplus: Comparing conventional and sustainable supply chains. **Flex. Serv. Manuf. J.**, 26, 5–23, 2014.

KLASSEN, R.D.; JOHNSON, F. The green supply chain, in New, S.J. and Westbrook, R. (Eds), *Understanding Supply Chains: Concepts, Critiques and Futures*, **Oxford University Press**, Oxford, pp. 229-51, 2014

KOBERG, E.; LONGONI, A. A systematic review of sustainable supply chain management in global supply chains. **Journal of Cleaner Production**, v. 207, p. 1084–1098, 2019.

KOGG, B. Greening a cotton-textile supply chain: a case study of the transition towards organic production without a powerful force company, **Greener Management International**, Vol. 43, pp. 53-65, 2003.

KOPICKI, R.; BERG, M. J.; LEGG, L. **Reuse and recycling-reverse logistics opportunities**, 1993.

KRIKKE, H.; BLOEMHOF-RUWAARD, J.; L. N. VAN. Concurrent product and closed loop supply chain design with an application to refrigerators. **International Journal of Production Research** 41 (16):3689–719, 2003.

LAKHAL, Y.; H'MIDA, S.; ISLAM, M.R., 2007. Green supply chain parameters for a Canadian petroleum refinery company. *Int. J. Environ. Technol. Manag.* 7 (1-2), 56–67.

LARSEN, S. B.; MASI, D.; FEIBERT, D. C.; JACOBSEN, P. How the reverse supply chain impacts the firm's financial performance: A manufacturer's perspective. **International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 48, n. 3, SI, p. 284–307, 2018.

LĂZĂROIU, G.; IONESCU, L.; ANDRONIE, M.; DIJMĂRESCU, I. Sustainability management and performance in the urban corporate economy: A systematic literature review. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 18, 2020.

LEE, H. L. Aligning Supply Chain Strategies with Product Uncertainties. **California Management Review**, v. 44, n. 3, p. 105–119, abr. 2002.

LEE, S.Y., KLASSEN, R.D. Drivers and enablers that foster environmental management capabilities in small-and medium-sized suppliers in supply chains. **Prod. Oper. Manag.** 17 (6), 573–586, 2008.

LEE, V.H.; OOI, K.B.; CHONG, A.Y.L.; SEOW, C. Creating technological innovation via green supply chain management: An empirical analysis. **Expert Systems with Applications** 41(16), 6983-6994, 2014.

LEMMENS, S. *et al.* A review of integrated supply chain network design models: Key issues for vaccine supply chains. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 109, p. 366–384, 2016.

LEVIS, A.A.; PAPAGEORGIOU, L.G. A hierarchical solution approach for multi-site capacity planning under uncertainty in the pharmaceutical industry. **Computers & Chemical Engineering**, v. 28, n. 5, p. 707–725, 2004.

LIU, J.; FENG, Y.; ZHU, Q.; SARKIS, J. Green supply chain management and the circular economy: Reviewing theory for advancement of both fields. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 48, n. 8, p. 794–817, 2018.

LIU, X.; YANG, J.; QU, S.; WANG, L.; SHISHIME, T.; BAO, C. Sustainable production: practices and determinant factors of green supply chain management of Chinese companies. **Business Strategy and the Environment** 21(1), 1-16, 2012.

LO, H.W.; LIOU, J.J.H.; WANG, H.S.; TSAI, Y.S. An integrated model for solving problems in green supplier selection and order allocation. **J. Clean. Prod.** 190, 339 e 352, 2018.

LORENTZ, H.; SHI, Y.; HILMOLA, O.P.; SRAI, J.; HUNG LAU, K. Benchmarking green logistics performance with a composite index. **Benchmarking Int. J.** 18 (6), 873–896, 2011.

LUTHRA, S.; GARG, D.; HALEEM, A. An analysis of interactions among critical success factors to implement green supply chain management towards sustainability: an Indian perspective. **Resour. Policy** 46, 37 e 50, 2015.

MAHESWARI, H.; YUDOKO, G.; ADHIUTAMA, A. Theory building of quattro bottom line approach for sustainable reverse logistics from government perspective: The Indonesia evidence. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*, v. 3, n. 4, p. 83–98, 2018.

MALVIYA, R. K.; KANT, R. Green supply chain management (GSCM): a structured literature review and research implications. **Benchmarking: An international journal.** 22(7), 1360-1394, 2015.

MARDANI, A. *et al.* Evaluation of green and sustainable supply chain management using structural equation modelling: A systematic review of the state of the art literature and recommendations for future research. **Journal Of Cleaner Production**, v. 249, 2020.

MARTINS, C.L.; PATO, M.V. Supply chain sustainability: A tertiary literature review. **Journal Of Cleaner Production**, v. 225, p. 995–1016, 2019.

MASI, D.; DAY, S.; GODSELL, J. Supply chain configurations in the circular economy: a systematic literature review. **Sustainability** 9, 1602 e 1623, 2017.

MATHIYAZHAGAN, K.; RAJAK, S.; SAMPURNA PANIGRAHI, S.; AGARWAL, V.; MANANI, D. Reverse supply chain management in manufacturing industry: a systematic review. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 70, n. 4, p. 859–892, 2020.

MEHRALIAN, G.H.; RAJABZADEH A.; MORAKABATI, M.; VATANPOUR, H. Developing a Suitable Model for Supplier Selection Based on Supply Chain Risks: An Empirical Study from Iranian Pharmaceutical Companies Services. **Iranian Journal of Pharmaceutical Research**, Vol.11 (1), pp.209-219, 2012.

MEJÍAS, A. M.; PAZ, E.; PARDO, J. E. Efficiency and sustainability through the best practices in the Logistics Social Responsibility framework. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 36, n. 2, p. 164–199, 2016.

MELO, A. C. S.; BRAGA, A. E.; LEITE, C. D. P.; BASTOS, L. DOS S. L.; NUNES, D. R. DE L. Frameworks for reverse logistics and sustainable design integration under a sustainability perspective: a systematic literature review. **Research in Engineering Design**, v. 32, n. 2, p. 225–243, 2021.

MELO, M.T.; NICKEL, S.; SALDANHA-DA-GAMA, F. Facility location and supply chain management – A review. **European Journal of Operational Research**, v. 196, n. 2, p. 401–412, 2009.

MIGUEL, P (Org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MIMOUNI, F.; ABOUABDELLAH, A.; MHARZI, H. Study of the reverse logistics' break-even in a direct supply chain. **International Review on Modelling and Simulations (IREMOS)**, 8(2), 277-283, 2015.

Ministério da Saúde. **Assistência farmacêutica na atenção básica: instruções técnicas para sua organização**. 2. ed. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006.

Ministério da Saúde. **Política nacional de medicamentos**. Brasília: Secretaria de Políticas Públicas, Brasília: Ministério da Saúde; 2000.

Ministério da Saúde. **Produção oficial de medicamentos: diagnóstico, limitações e perspectivas**. Brasília: Secretaria de Ciência e Tecnologia e Insumos Estratégicos, Ministério da Saúde; 2003.

Ministério da Saúde. **Projeto de modernização da produção pública de medicamentos**. Brasília: Secretaria de Gestão e Investimentos, Ministério da Saúde; 2000.

Ministério da Saúde. **Relação nacional de medicamentos essenciais – RENAME-2000**. Brasília: Secretaria de Políticas de Saúde, Ministério da Saúde; 2000.

MISHRA, D.; GUNASEKARAN, A.; PAPADOPOULOS, T.; HAZEN, B. Green supply chain performance measures: a review and bibliometric analysis, **Sustainable production and consumption**, Vol. 10, pp. 85-99, 2017.

MORENO-CAMACHO, C. A.; MONTOYA-TORRES, J. R.; JAEGLER, A.; GONDRAN, N. Sustainability metrics for real case applications of the supply chain network design problem: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 231, p. 600–618, 2019.

MOSTEANU, N. R.; FACCIA, A.; ANSARI, A.; SHAMOUT, M. D.; CAPITANIO, F. Sustainability Integration in Supply Chain Management through Systematic Literature Review. **Quality-Access To Success**, v. 21, n. 176, p. 117–123, 2020.

MOUSAZADEH, M.; TORABI, S. A.; ZAHIRI, B. A robust possibilistic programming approach for pharmaceutical supply chain network design. **Computers & Chemical Engineering**, v. 82, p. 115–128, nov. 2015.

MOVAHEDIPOUR, M.; ZENG, J.; YANG, M.; WU, X. An ISM approach for the barrier analysis in implementing sustainable supply chain management: An empirical study. **Management Decision**, v. 55, n. 8, p. 1824–1850, 2017.

MSH. **Managing drug supply: the selection, procurement, distribution, and use of pharmaceuticals**. Bloomfield: Kumarian Press: 1997.

NARASIMHAN, R.; CARTER, J.R. Linking business unit and material sourcing strategies, **Journal of Business Logistics**, Vol. 19 No. 2, pp. 155-171, 1998.

NARAYANA, Sushmita A.; KUMAR PATI, Rupesh; VRAT, Prem. Managerial research on the pharmaceutical supply chain – A critical review and some insights for future directions. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 20, n. 1, p. 18–40, 2014.

NASROLLAHI, M.; RAZMI, J. A mathematical model for designing an integrated pharmaceutical supply chain with maximum expected coverage under uncertainty. **Operational Research**, v. 21, n. 1, p. 525–552, mar. 2019.

NEKMAHMUD, M.; RAHMAN, S.; SOBHANI, F. A.; OLEJNICZAK-SZUSTER, K.; FEKETE-FARKAS, M. A systematic literature review on development of green supply chain management. **Polish Journal of Management Studies**, v. 22, n. 1, p. 351–370, 2020.

NILSSON, F.; GÖRANSSON, M. Critical factors for the realization of sustainable supply chain innovations - Model development based on a systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 296, 2021.

NIMSAI, S.; YOOPETCH, C.; LAI, P. Mapping the knowledge base of sustainable supply chain management: A bibliometric literature review. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 18, 2020.

OLIVEIRA, E.A.D. *et al.* A produção pública de medicamentos no Brasil: uma visão geral. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, n. 11, p. 2379–2389, nov. 2006.

OLIVEIRA, U. R.; ESPINDOLA, L. S.; DA SILVA, I. R.; DA SILVA, I. N.; ROCHA, H. M. A systematic literature review on green supply chain management: Research implications and future perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 187, p. 537–561, 2018.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2018.

PAGELL, M.; SHEVCHENKO, A. Why research in sustainable supply chain management should have no future, **Journal of Supply Chain Management**, Vol. 50 No. 1, pp. 44-55, 2014.

PAGELL, M.; WU, Z. Building a more complete theory of sustainable supply chain management using case studies 10 exemplars, **Journal of Supply Chain Management**, Vol. 45 No. 2, pp. 37-56, 2009.

PALIWAL, V.; CHANDRA, S.; SHARMA, S. Blockchain technology for sustainable supply chain management: A systematic literature review and a classification framework. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 18, 2020.

PAPAGEORGIU, L. G.; ROTSTEIN, G.E.; SHAH, N. Strategic Supply Chain Optimization for the Pharmaceutical Industries. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 40, n. 1, p. 275–286, 1 jan. 2001.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Saúde do Paraná. **Plano Estadual de Saúde Paraná 2020-2023** - Curitiba: SESA, 2020.

PARMIGIANI, A.; KLASSEN, R.D.; RUSSO, M.V. Efficiency meets accountability: performance implications of supply chain configuration, control, and capabilities. **J. Oper. Manag.** 29 (3), 212–223, 2011.

PATEL, A. B.; DESAI, T. N. A systematic review and meta-analysis of recent developments in sustainable supply chain management. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 22, n. 4, p. 349–370, 2019.

PAULA, I. C.; CAMPOS, E. A. R.; PAGANI, R. N.; GUARNIERI, P.; KAVIANI, M. A. Are collaboration and trust sources for innovation in the reverse logistics? Insights from a systematic literature review. **Supply Chain Management**, v. 25, n. 2, p. 176–222, 2019.

PEJIĆ, V.; LERHER, T.; JEREB, B.; LISEC, A. Lean and Green Paradigms in Logistics: Review of Published Research. **PROMET - Traffic&Transportation**, v. 28, n. 6, p. 593–603, 2016.

PEUKERT, J. Sustainability in the chemical and pharmaceutical industry results of a benchmark analysis. **Journal of Business Chemistry**, 2010.

POKHAREL, S.; MUTHA, A. Perspectives in reverse logistics: a review, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 53 No. 4, pp. 175-182, 2009.

PRAJAPATI, H.; KANT, R.; SHANKAR, R. Bequeath life to death: State-of-art review on reverse logistics. **Journal of Cleaner Production**, v. 211, p. 503–520, 2019.

RAZA, S. A. A systematic literature review of closed-loop supply chains. **Benchmarking-An International Journal**, v. 27, n. 6, p. 1765–1798, 2020.

REN, R.; HU, W.; DONG, J.; et al. A Systematic Literature Review of Green and Sustainable Logistics: Bibliometric Analysis, Research Trend and Knowledge Taxonomy. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, v. 17, n. 1, 2020.

ROGERS, D.S.; TIBBEN-LEMBKE, R.S. Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices, Vol. 2, **Reverse Logistics Executive Council**, Pittsburgh, PA, 1999.

- ROSHAN, M.; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R.; RAHIMI, Y. A two-stage approach to agile pharmaceutical supply chain management with product substitutability in crises. **Computers & Chemical Engineering**, v. 127, p. 200–217, ago. 2019.
- ROSSETTI, C.L.; HANDFIELD, R.; DOOLEY, K.J. Forces, trends, and decisions in pharmaceutical supply chain management. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 41, n. 6, p. 601–622, 2011.
- ROY, V.; SCHOENHERR, T.; CHARAN, P. The thematic landscape of literature in sustainable supply chain management (SSCM): A review of the principal facets in SSCM development. **International Journal Of Operations & Production Management**, v. 38, n. 4, p. 1091–1124, 2018.
- SAADANY, EL; JABER, A.; BONNEY, M. Environmental performance measures for supply chains. **Manag. Res. Rev.** 34 (11), 1202–1221, 2011.
- SAEED, M. A.; KERSTEN, W. Drivers of sustainable supply chain management: Identification and classification. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 4, 2019.
- SAEED, M. A.; KERSTEN, W. Supply chain sustainability performance indicators-A systematic literature review. **Logistics Research**, v. 13, n. 1, p. 1–19, 2020.
- SÁNCHEZ-FLORES, R. B.; CRUZ-SOTELO, S. E.; OJEDA-BENITEZ, S.; RAMÍREZ-BARRETO, M. E. Sustainable supply chain management-A literature review on emerging economies. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 17, 2020.
- SARKIS, J. A boundaries and flows perspective of green supply chain management, **Supply Chain Management-An International Journal**, Vol. 17 No. 2, pp. 202-216, 2012.
- SARKIS, J. A strategic decision framework for green supply chain management, **Journal of Cleaner Production**, Vol. 11 No. 4, pp. 397-409, 2003.
- SARKIS, J. Evaluating environmentally conscious business practices, **European Journal of Operational Research**, Vol. 107, No. 1, pp.159–174, 1998.
- SARKIS, J.; ZHU, Q.; LAI, K. Organizational theoretic review of green supply chain management literature, **International Journal of Production Economics**, Vol. 130 No. 1, pp. 1-15, 2011.
- SCHENKEL, M.; CANIËLS, M. C. J.; KRIKKE, H.; VAN DER LAAN, E. Understanding value creation in closed loop supply chains - Past findings and future directions. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 37, p. 729–745, 2015.
- SCHRETTLE, S.; HINZ, A.; SCHERRER-RATHJE, M.; FREIDLI, T. Turning sustainability into action: explaining firms' sustainability efforts and their impact on firm performance", **International Journal of Production Economics**, Vol. 147, Part A, pp. 73-84, 2014.
- SEURING, S.; MULLER, M. From a literature review to a conceptual framework for supply chain management. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 16 No. 15, pp. 1699-1710, 2008.
- SHAH, N. Pharmaceutical supply chains: key issues and strategies for optimisation. **Computers & Chemical Engineering**, v. 28, n. 6–7, p. 929–941, jun. 2004.

SHANG, K.C.; LU, C.S.; LI, S. A taxonomy of green supply chain management capability among electronic related manufacturing firms in Taiwan, **Journal of environmental management**, Vol. 91, No. 5, pp.1218–1226, 2010.

SHARMA, V.K.; CHANDNA, P.; BHARDWAJ, A. Green supply chain management related performance indicators in agro industry: A review. **Journal of Cleaner Production** 141, 1194-1208, 2017.

SHEKARIAN, E. A review of factors affecting closed-loop supply chain models. **Journal Of Cleaner Production**, v. 253, 2020.

SHEKARIAN, E.; FLAPPER, S. D. Analyzing the structure of closed-loop supply chains: A game theory perspective. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 3, p. 1–32, 2021.

SHEU, J.B.; CHOU, Y.H.; HU, C.C. An integrated logistics operational model for green-supply chain management. **Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.** 41 (4), 287–313, 2005.

SILVA, S.; SCHALTEGGER, S. Social assessment and management of conflict minerals: a systematic literature review. **Sustainability Accounting, Management and Policy Journal**, v. 10, n. 1, p. 157–182, 2019.

SILVERSTRE, B. Sustainable supply chain management: current debate and future directions, **Gest and Prod,sao carlos**, Vol.23 (2), pp.235-349, 2016.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. **Cadeia de Suprimentos: Projetos e Gestão**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2010.

SIMPSON, D.F.; POWER, D. Use the supply relationship to develop lean and green suppliers”, **Supply Chain Management: An International Journal**, Vol. 10, pp. 60-8, 2005.

SINGH, S.K.; GOH, M. Multi-objective mixed integer programming and an application in a pharmaceutical supply chain. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 4, p. 1214–1237, 16 fev. 2019.

SOLEIMANI, H.; SEYYED-ESFAHANI, M.; GOVINDAN, K. Incorporating risk measures in closed-loop supply chain network design, **International Journal of Production Research**, Vol. 52 No. 6, pp. 1843-1867, 2014.

SOUSA, R.T.; SHAH, N.; PAPAGEORGIOU, L.G. Global supply chain network optimisation for pharmaceuticals. **Computer Aided Chemical Engineering**. [S. l.]: Elsevier, 2005.

SRIVASTAVA, S.K. Green supply chain management: a state of the art literature review”, **International Journal of Management Reviews**, Vol. 9 No. 1, pp. 53-80, 2007.

SRIVASTAVA, S.K. Network design for reverse logistics. **Omega** 36 (4), 535–548, 2008

STINDT, D.; SAHAMIE, R.; NUSS, C.; TUMA, A. How transdisciplinarity can help to improve operations research on sustainable supply chains - A transdisciplinary modeling framework, **Journal of Business Logistics**, 37 (2), 113-131, 2016.

STROZZI, F.; COLICCHIA, C. Information processing and management using citation network and keyword analysis to perform a systematic literature review on Green Supply Chain Management. **JOURNAL OF SCIENTOMETRIC RESEARCH**, v. 4, n. 3, p. 195–205, 2015.

SULISTIO, J.; RINI, T. A. A Structural Literature Review on Models and Methods Analysis of Green Supply Chain Management. **Procedia Manufacturing**, v. 4, n. Iess, p. 291–299, 2015.

SUSARLA, N.; KARIMI, I. A. Integrated supply chain planning for multinational pharmaceutical enterprises. **Computers & Chemical Engineering**, v. 42, p. 168–177, jul. 2012.

TACHIZAWA, E. M.; WONG, C. Y. Towards a theory of multi-tier sustainable supply chains: A systematic literature review. **Supply Chain Management**, v. 19, p. 643–653, 2014.

TALEIZADEH, A. A.; HAJI-SAMI, E.; NOORI-DARYAN, M. A robust optimization model for coordinating pharmaceutical reverse supply chains under return strategies. **Annals of Operations Research**, v. 291, n. 1–2, p. 875–896, ago. 2020.

TATICCHI, P.; GARENGO, P.; NUDURUPATI, S. S.; TONELLI, F.; PASQUALINO, R. A review of decision-support tools and performance measurement and sustainable supply chain management. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 21, p. 6473–6494, 2015.

TEBALDI, L.; BIGLIARDI, B.; BOTTANI, E. Sustainable Supply Chain and Innovation: A Review of the Recent Literature. **SUSTAINABILITY**, v. 10, n. 11, 2018.

TEIXEIRA, A. A.; MORAES, T. E. DA C.; STEFANELLI, N. O.; et al. Green supply chain management in Latin America: Systematic literature review and future directions. **Environmental Quality Management**, v. 30, n. 2, p. 47–73, 2020.

TONELLI, F.; EVANS, S.; TATICCHI, P. Industrial Sustainability: Challenges, Perspectives, Actions. **International Journal of Business Innovation Research** 7 (2): 143–163, 2013.

TSENG, M.L.; CHIU, A.S.F.; TAN, R.; SIRIBAN-MANALANG, A.B. Sustainable consumption and production for Asia: sustainability through green design and practice. **J. Clean. Prod.** 40, 1e5, 2013.

TSENG, M.L.; ISLAM, M.S.; KARIA, N.; FAUZI, F.A.; AFRIN, S. A literature review on green supply chain management: Trends and future challenges. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 141, p. 145–162, 2019.

TUNI, A.; RENTIZELAS, A.; DUFFY, A. Environmental performance measurement for green supply chains: A systematic analysis and review of quantitative methods. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 48, n. 8, p. 765–793, 2018.

TURKER, D.; ALTUNTAS, C. Sustainable supply chain management in the fast fashion industry: an analysis of corporate reports. **Eur. Manag. J.** 32 (5), 837e849, 2014.

ÜLGEN, V. S.; BJÖRKLUND, M.; SIMM, N.; FORSLUND, H. Inter-organizational supply chain interaction for sustainability: A systematic literature review. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 19, 2019.

United States Environmental Protection Agency. **Resource Conservation and Recovery Act(RCRA) Regulations**, 1996.

VACHON, S.; KLASSEN, R.D. Green project partnership in the supply chain: the case of the package printing industry, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 14 Nos 6-7, pp. 661-671, 2006.

VANALLE, R.M.; GANGA, G.M.D.; GODINHO FILHO, M.; LUCATO, W.C. Green supply chain management: an investigation of pressures, practices, and performance within the Brazilian automotive supply chain. *J. Clean. Prod.* 151, 250e259, 2017.

VARRIALE, V.; CAMMARANO, A.; MICHELINO, F.; CAPUTO, M. The unknown potential of blockchain for sustainable supply chains. *Sustainability (Switzerland)*, v. 12, n. 22, p. 1–16, 2020.

VIEIRA, F.S. TD 2634 - **Indutores do Gasto Direto do Ministério da Saúde em Medicamentos (2010-2019)**. Texto para Discussão, p. 1–46, 2021.

VIJAYVARGY, L.; AGARWAL, G. A comparative study of green supply chain management practices in Indian, Japanese and Chinese companies. *IUP Journal of Supply Chain Management* 10(3), 7, 2013.

WALKER, H.; DI SISTO, L.; MCBAIN, D. Drivers and barriers to environmental supply chain management practices: Lessons from the public and private sectors. *Journal of purchasing and supply management* 14(1), 69- 85, 2008.

WALKER, H.; JONES, N. Sustainable supply chain management across the UK private sector. *Supply Chain Management: An International Journal* 17(1), 15-28, 2012.

WALTON, S.V.; HANDFIELD, R.B; MELNYK, S.A. The green supply chain: integrating suppliers into environmental management processes', **Twenty-Eighth Annual Conference of the Decision Sciences Institute**, Decision Sciences Institute, USA, pp.1114–1116, 1997.

WANG, B.; SHEN, C.L. Summarization of green supply chain management', *Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry (Social Science Edition)*, Vol. 4, No. 4, pp.95–98, 2004.

WANG, H.F.; GUPTA, S.M. **Green supply chain management: Product life cycle approach**. McGraw Hill Professional, 2011.

WEE, H.M.; LEE, M.C.; JONAS, C.; WANG, C.E. Optimal replenishment policy for a deteriorating green product: life cycle costing analysis. *Int. J. Prod. Econ.* 133 (2), 603–611, 2011.

WERAIKAT, Dua; ZANJANI, Masoumeh Kazemi; LEHOUX, Nadia. Improving sustainability in a two-level pharmaceutical supply chain through Vendor-Managed Inventory system. *Operations Research for Health Care*, v. 21, p. 44–55, jun. 2019.

WERAIKAT, Dua; ZANJANI, Masoumeh Kazemi; LEHOUX, Nadia. Two-echelon pharmaceutical reverse supply chain coordination with customers incentives. *International Journal of Production Economics*, v. 176, p. 41–52, jun. 2016.

WITTSTRUCK, D.; TEUTEBERG, F. Understanding the success factors of sustainable supply chain management: empirical evidence from the electrics and electronics industry. **Corp. Soc. Responsib. Environ. Manag.** 19 (3), 141e158, 2012.

WOLF, C.; SEURING, S. Environmental impacts as buying criteria for third party logistical services. **Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.** 40 (1/2), 84e102, 2010.

WONG, C. Y.; WONG, C. W. Y.; BOON-ITT, S. Integrating environmental management into supply chains A systematic literature review and theoretical framework. **International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 45, n. 1–2, SI, p. 43–68, 2015.

WU, K.J.; LIAO, C.J.; TSENG, M.L.; CHIU, A.S. Exploring decisive factors in green supply chain practices under uncertainty. **International Journal of Production Economics** 159, 147-157, 2015.

WU, Z.; PAGELL, M. Balancing priorities: decision-making in sustainable supply chain management. **J. Oper. Manag.** 29 (6), 577–590, 2011.

XIE, Y.; BREEN, L. Greening community pharmaceutical supply chain in UK: a cross boundary approach. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 17, n. 1, p. 40–53, 1 jan. 2012.

XU, A.; HU, X.; GAO, S. Review of green supply chain management. **International Journal of Networking and Virtual Organisations**, v. 12, n. 1, p. 27–39, 2013.

YEH, W.C.; CHUANG, M.C. Using multi-objective genetic algorithm for partner selection in green supply chain problems. **Expert Syst. Appl.** 38 (4), 4244–4253, 2011.

ZAHIRI, B.; JULA, P.; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R. Design of a pharmaceutical supply chain network under uncertainty considering perishability and substitutability of products. **Information Sciences**, v. 423, p. 257–283, jan. 2018.

ZAHIRI, B.; ZHUANG, J.; MOHAMMADI, M. Toward an integrated sustainable-resilient supply chain: A pharmaceutical case study. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 103, p. 109–142, 2017.

ZANDIEH, M.; JANATYAN, N.; ALEM-TABRIZ, A.; RABIEH, M. Designing Sustainable Distribution Network in Pharmaceutical Supply Chain: A Case Study. **International Journal of Supply and Operations Management**, v. 5, n. 2, maio 2018.

ZHAO, R.; LIU, Y.; ZHANG, N.; HUANG, T. An optimization model for green supply chain management by using a big data analytic approach. **Journal of Cleaner Production** 142, 1085-1097, 2017.

ZHAO, Z.Y.; ZHAO, X.J.; DAVIDSON, K.; ZUO, J. A corporate social responsibility indicator system for construction enterprises. **Journal of Cleaner Production**, Vol.29, pp.277-289, 2012.

ZHOU, X.; LI, T.; MA, X. A bibliometric analysis of comparative research on the evolution of international and Chinese green supply chain research hotspots and frontiers. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 6, p. 6302–6323, 2021.

ZHU, Q.; SARKIS, J. Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises. **Journal of operations management** 22(3), 265-289, 2004.

ZHU, Q.; SARKIS, J. The moderating effects of institutional pressures on emergent green supply chain practices and performance. **International Journal of Production Research**, 45(18-19), 4333-4355, 2007.

ZHU, Q.; SARKIS, J.; GENG, Y. Green supply chain management: pressures, practices and performance, **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 25, pp. 449-468, 2005.

ZHU, Q.; SARKIS, J.; LAI, K.H. Confirmation of a measurement model for green supply chain management practices implementation, **International Journal of Production Economics**, Vol. 111, pp. 261-273, 2008.

ZSIDISIN, G.A.; SIFERD, S.P. Environmental purchasing: a framework for theory development. **European Journal of Purchasing & Supply Management** 7(1), 61-73, 2001.